



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

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**

INFORME FINAL

VOLUMEN II

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

VOLUMEN II

PRODUCTO 2

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE AMENAZAS VULNERABILIDADES Y RIESGO

- ❖ **CAPÍTULO VII**
*IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS GENERAL DE LAS AMENAZAS
NATURALES Y ANTRÓPICAS EN LA ZONA DE ESTUDIO*

- ❖ **CAPÍTULO VIII**
*ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA – SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE
TERRENOS*

- ❖ **CAPÍTULO IX**
GEOTECNIA

- ❖ **CAPÍTULO X**
EVALUACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES

- ❖ **CAPÍTULO XI**
ANÁLISIS DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

ÍNDICE

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	2
7.2	Amenaza Sísmica	3
7.3	Amenaza Volcánica	14
7.4	Amenazas Hidrometeorológicas	19
7.5	Amenaza Antrópica – Incendios Forestales/Botaderos de Escombros	44
7.6	Análisis Consolidado Multiamenaza (Resumen)	47

CAPÍTULO VIII ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA – SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

8.1	Clasificación de FRM	52
8.2	Factores que influyen en la generación de FRM	58
8.3	Determinación de la susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos	61
8.4	Evaluación de la Amenaza-Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos	72
8.5	Mapeo Temático a escala 1:2.500	80

CAPÍTULO IX GEOTECNIA

9.1	Trabajos de Campo (SPT – Calicatas / Mecánica de Suelos)	86
9.2	Caracterización Geotécnica del Terreno	90
9.3	Análisis de la estabilidad de laderas (Método de equilibrio límite)	100
9.4	Análisis de la estabilidad de laderas (Método estático y dinámico)	105
9.5	Modelo geológico - geotécnico del terreno	111

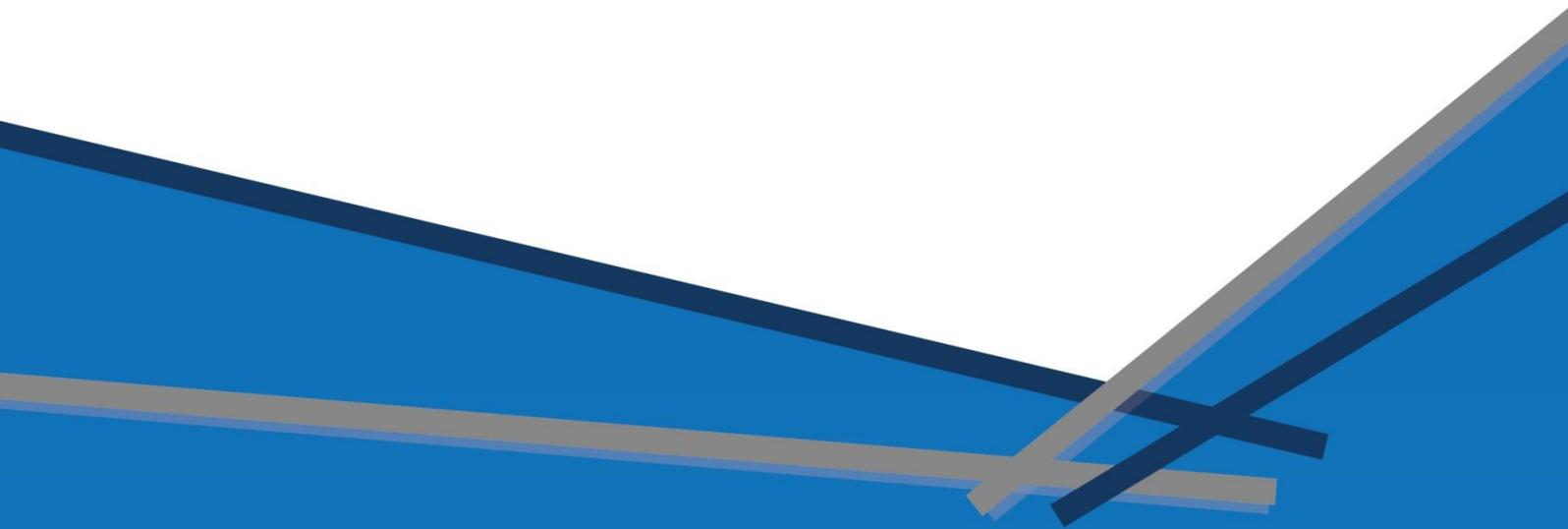
CAPÍTULO X EVALUACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES

10.1	Vulnerabilidad socio – económica de la población	117
10.2	Vulnerabilidad física de la infraestructura pública y privada	147
10.3	Zonificación de la vulnerabilidad global	191

CAPÍTULO XI ANÁLISIS DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

11.1	Evaluación del riesgo por inestabilidad de terrenos	194
11.2	Escenarios de riesgo por inestabilidad de terrenos	201
11.3	Elaboración de una estrategia de intervención social para la comprensión y manejo integral del riesgo	212

CAPÍTULO VII



**IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS
GENERAL DE LAS AMENAZAS
NATURALES Y ANTRÓPICAS EN LA
ZONA DE ESTUDIO**

CAPÍTULO VII

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

La Amenaza puede ser clasificada de acuerdo al origen de la misma, por ello existen amenazas de origen geológico como erupciones volcánicas, sismos-terremotos y fenómenos de remoción en masa; amenazas hidrometeorológicas como inundaciones y sequías; y amenazas socio-ambientales (antrópicas) como incendios forestales y contaminación.

Se describirán a continuación los distintos tipos de amenazas que pueden afectar a la zona de Laderas – Planada de San Francisco y los barrios aledaños a la zona de estudio.

7.1 AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Los “Fenómenos de Remoción en Masa” son aquellos que se originan en la superficie terrestre, generalmente producidos por acción de la gravedad sobre cuerpos de materiales terrígenos y rocosos, que se trasladan o mueven pendiente abajo; la estabilidad de los terrenos se estudiará a detalle en el Capítulo VIII de este informe.

Del análisis realizado por Funepsa-Rivera, et al (2015) y de los resultados preliminares del trabajo; se ve que las zonas de mayor amenaza están en los Barrios Pedregal, Laderas de San Francisco y Terrazas de Bellavista (Foto N° 7.1), que están ubicados en el escarpe del deslizamiento de Laderas de San Francisco, esta zona es inestable por varios factores como la pendiente, uso del suelo, tipo de litología (volcánicos deleznable) y por los rasgos estructurales (escarpes activos y zonas de erosión intensa).



Foto N° 7.1. Barrio Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista en zona de muy alta susceptibilidad por terrenos inestables, se notan intensos procesos erosivos

Zonas como Cristo Rey I, Cristo Rey II, San Vicente y Planada de San Francisco tienen una baja amenaza por terrenos inestables y más bien son zonas seguras, aunque Planada puede quedar incomunicada porque el acceso al barrio está en zona de muy alta amenaza.

También son inestables los terrenos en la Cantera San Rafael I, que se encuentra en fase de explotación y por ello no es procedente estabilizar los taludes en esta zona (esta labor se realiza durante el cierre de mina). Pero canteras clandestinas que fueron clausuradas años atrás presentan terrenos inestables muy peligrosos, debido a que no se hizo un cierre técnico de las mismas (Foto N° 7.2).

Al encontrarse la zona en un antiguo gran deslizamiento rotacional, cubierto en gran parte por cenizas recientes y tener procesos activos de deslizamientos, colapsos y erosión, se realizará un análisis profundo de la inestabilidad de terrenos en los Capítulos VIII y IX de este Volumen II.



Foto N° 7.2. *Cantera clandestina clausurada (al SW del proyecto, imagen 2015); se ven escombros inestables que han generado colapsos e inestabilidad de los taludes que pueden generar caídas.*

7.2 AMENAZA SÍSMICA

Uno de los eventos naturales que hemos sentido con mayor frecuencia y que causan mayor impacto a la población son los movimientos sísmicos (terremotos), el Ecuador se halla en una zona tectónica activa de un margen convergente de placas tectónicas, donde existen varias fuentes sismo-genéticas que generan estos movimientos.

Los eventos sísmicos más importantes que han afectado el país en el siglo pasado fueron: los siguientes (IG-EPN web page, 2017): 1906, 1958 y 1976 en Esmeraldas; los de 1942 y 1980 en Guayaquil, 1949 en Ambato, 1970 en Loja, el de 1987 en el Oriente (que destruyó el oleoducto transecuatoriano), 1990 en Quito y más recientemente 1995 en Pujilí; en 1996 el de Macas y

1998 en Bahía de Caráquez; en el presente siglo destacan el sismo de agosto 2014 y el sismo de Manabí de abril 2016.

Pos.	Fecha	Lugar - Magnitud
01	1960/05/22	- Chile - M 9.5
02	1964/03/28	- Prince William Sound, Alaska - M 9.2
03	2004/12/26	- Sumatra-Andaman Islands - M 9.1
04	2011/03/11	- Near the East Coast of Honshu, Japan - M 9.0
05	1952/11/04	- Kamchatka - M 9.0
06	1868/08/13	- Arica, Peru (now Chile) - M 9.0
07	1700/01/26	- Cascadia Subduction Zone - M 9.0
08	2010/02/27	- Offshore Bio-Bio, Chile - M 8.8
09	1906/01/31	- Off the Coast of Esmeraldas, Ecuador - M 8.8
10	1965/02/04	- Rat Islands, Alaska - M 8.7

Tabla Nº 7.1. Listado de los 10 sismos históricos de mayor magnitud
USGS web page, 2015

El sismo de Esmeraldas de 1906 de magnitud 8.8 Mw es muy importante (Tabla Nº 7.1) ya que el mismo está en el noveno lugar de los diez sismos más grandes del mundo registrados desde el año 1900 (USGS, web page, 2015), lo cual nos dice mucho del alto peligro sísmico que tenemos en el país.

7.2.1 Sismicidad Histórica

El objetivo de analizar la sismicidad histórica es tratar de establecer cuáles de las fuentes sismogénicas están activas, cuáles han generado terremotos importantes y de ser posible períodos de recurrencia y sus magnitudes históricas máximas (Egred F., 1999). En el trabajo de FUNEPSA (2015) para el estudio de la actualización de la Amenaza por deslizamientos en Quito se realizó el estudio de las máximas intensidades sísmicas esperadas en la ciudad; por ello se analizaron los eventos considerados representativos (de los años 1587, 1660, 1755, 1797, 1859, 1868, 1990 y 2014), cuyo trabajo fue realizado por el Msc. Juan Carlos Singaicho, que complementan la información de Egred.

- *Sismo de 1541: Narración histórica donde se cuenta desaparecieron 70 casas de los indios de la localidad, la magnitud asignada a este evento es Ms: 6.3 Este evento pudo generarse en las ramificaciones de la falla Chingual que se prolongan hasta Papallacta.*

- *Sismo de 1587: El 4 de septiembre de 1587 ocurre un sismo cuyos efectos se reportan en Otavalo y en Quito. Los documentos históricos indican desplome de varias casas en estas ciudades. Se describe, además colapso de varias viviendas en las zonas de Pomasqui, San Antonio de Pichincha y Guayllabamba con fisuras en el terreno en ésta última. La intensidad máxima para la zona norte de Quito es VIII EMS.*
- *Sismo de 1627: Un sismo afecta al palacio de la Audiencia, magnitud asignada Ms: 5.7.*
- *Sismo de 1660: Este evento, equivocadamente asociado a la erupción del Pichincha provocó derrumbes en el volcán Sincholagua y algunos daños en las iglesias de La Catedral y San Agustín. La intensidad máxima asignada es VII EMS en las zonas cercanas al Sincholagua, mientras que para la ciudad de Quito, debido a la información limitada, se estima una intensidad de VI EMS.*
- *Sismo de 1698: Fuertemente sentido en Ambato y en el Carihuairazo desprendimiento de hielo y rocas; Ms: 7.7 puede relacionarse con las fallas del nido sísmico de Pisayambo.*
- *Sismo de 1736: Localizado en Pastocalle, Ms: 6.3 (exagerada?).*
- *Sismo de 1755: El sismo del 26 de abril de 1755 fue ampliamente sentido en Quito y produjo daños en varias estructuras de las Iglesias de lo que hoy se conoce como el Centro Histórico. Las descripciones del Padre Juan de Velasco, indican que la intensidad pudo haber alcanzado un valor de VIII EMS.*
- *Sismo de 1757: Daños en Latacunga, Ms: 7.0, posiblemente relacionado con el sistema de fallas inversas de Poaló al este de Latacunga.*
- *Sismo de 1797: El 4 de febrero de 1797 se produce el mayor sismo de origen cortical registrado en el país, el mismo que causó un estimado de 25.000 víctimas. La ciudad de Riobamba fue reubicada después de este evento. De acuerdo a Beauval et al, 2010, la magnitud estimada para este evento es 7.6 y la única estructura tectónica capaz de generar esa magnitud es el sistema de fallas de Pallatanga.*

En Quito se reportan, nuevamente, daños en las iglesias del Centro Histórico y en localidades cercanas como Amaguaña y Sangolquí, se evidencia colapso parcial de varias edificaciones de adobe. En la provincia de Tungurahua, a más de los daños en las edificaciones y las estructuras patrimoniales se informa de varios deslizamientos en los valles de los ríos Patate, Chambo y Pastaza. Se estima que la intensidad máxima en la zona epicentral es X EMS. Para la ciudad de Quito se estima una intensidad de VII EMS; sin embargo, para las localidades de Amaguaña y Sangolquí los daños reportados reflejan una intensidad de VIII EMS.

- *Sismo de 1859: El 22 de marzo, se produce un evento que afectó fuertemente a la ciudad de Quito. Al igual que en la mayoría de sismos históricos, las descripciones más detalladas sobre los daños ocurridos provienen de las congregaciones religiosas encargadas de*

administrar los templos del Centro Histórico. Algunos reportes indican muertos en las poblaciones de Chillogallo y Machachi, al sur. En ciudades cercanas como Latacunga y Saquisilí también se observaron daños en las estructuras patrimoniales, aunque los mismos son menores a los ocurridos en Quito. Con esta información, la intensidad máxima estimada para el sur de Quito es VIII EMS.

- *Sismo de 1868: Este evento, conocido como el sismo de Imbabura, tuvo lugar el 16 de agosto de 1868 y destruyó casi en su totalidad a las poblaciones de El Ángel, Mira, Otavalo, Cotacachi e Ibarra. Los relatos de la época recopilados a manera de publicaciones en algunos medios locales, describen que en Mira, por ejemplo, 111 personas fallecieron debido al colapso de sus viviendas. A pesar, de que la información de la época es muy subjetiva y tiende a sobreestimar los efectos reales del sismo, varios autores (Egred, 1999; Wolf, 1904) coinciden en los efectos devastadores en las localidades mencionadas. Para estas ciudades, la intensidad máxima fue X EMS. En Quito, por otro lado, las iglesias del Centro Histórico presentaron daños que van desde cuarteaduras en las paredes hasta caída de las torres de algunos templos (Del Pino- Yepes, 1990). La intensidad observada en Quito es VII EMS.*
- *Sismo de 1906: Fuera del área de estudio, pero su alta intensidad Ms: 8.7 lo ubican como el sismo más grande registrado en el país y es uno de los 10 más grandes sismos desde el año 1900; causó daños en Otavalo y Quito.*
- *Sismo de 1914: Afecta a la provincia de Pichincha, volcanes Antisana y Sincholagua, se reportaron grietas que atraviesan la llanura entre Antisana y el Volcán Sincholagua; se le puede atribuir su origen a la falla Chingual.*
- *Sismo de 1923: Daños en Quito, Ms: 6.3; puede atribuirse su origen al sistema de fallas inversas de Quito.*
- *Sismo de 1925: Puede tener relación con las fallas transcurrentes y las fallas inversas del Frente Andino Oriental, existen reportes del Coca y del norte del río Aguarico.*
- *Sismo de 1929: afecta a Tambillo y Paschoa, Ms: 6.3; puede asociarse a una prolongación hacia el sur del sistema de fallas inversas de Quito.*
- *Sismo de 1938: Leves daños en Quito, Ms: 7.2 (exagerada?), es probable que se trate de un evento superficial.*
- *Sismo de 1949: Afectó a las ciudades de Ambato, Pelileo, Latacunga y Riobamba; se produjeron importantes deslizamientos; Ms: 7.1.*
- *Sismo de 1955: Daños leves en Tabacundo, Otavalo, Ibarra, Huaca y Julio Andrade; Ms: 6.8; posiblemente se halla asociado con la intersección del sistema de fallas transcurrentes con las fallas inversas del Frente Andino Oriental.*

- *Sismo de 1987: Los graves efectos que produjeron los terremotos del 5 de marzo de 1987 afectaron a grandes zonas de la región oriental. Los epicentros de dichos eventos se ubican en la intersección de las fallas transcurrentes con las fallas inversas del Frente Andino Oriental. La magnitud del evento principal fue de Ms: 6.9, siendo precedido por un evento premonitorio Ms: 6.1; los dos eventos presentan mecanismo focales del tipo inverso. Este sismo afectó grandemente a la industria petrolera por que se cortó el oleoducto transecuatoriano, aunque la mayor parte de las afectaciones fue por los deslizamientos y flujos de lodo que se desencadenaron por el sismo ocurrido.*
- *Sismo de 1988: Sismo de pequeña intensidad Ms: 4.0, ubicado al norte de la zona de Papallacta.*
- *Sismo de 1990: El sismo del 11 de agosto de 1990, cuyo epicentro se localizó en las cercanías de la parroquia San Antonio y en donde se estimó una intensidad de VII EMS; 3 víctimas; puede relacionarse con la falla de Catequilla; Ms: 4.9.*
- *Sismo de 1995: Terremoto con epicentro en una zona despoblada de la cordillera de Cutucú. Grietas y deslizamientos de tierra, colapso del puente sobre el río Upano en Macas; posiblemente se originó por la subducción de la Placa Nazca, Ms: 8.0.*
- *Sismo de 1996: Pujilí, sismo de baja intensidad, afecto localmente a varias viviendas en la ciudad de Pujilí, Ms: 6.0*
- *Sismo de Bahía 1998: Origen en la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana; Ms: 8, afecto a la ciudad de Bahía y en menor grado a los edificios de la ciudad de Quito.*
- *Sismo de Catequilla 2014: acontecido el 12 de agosto, el epicentro se localizó en la parroquia Calderón y las afectaciones a las viviendas del sector indican una intensidad de VI EMS (Figura N° 7.1).*
- *Sismo de Pedernales 2016: Origen en la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana, Ms: 9, sentido en todo el país, graves afectaciones principalmente en Manabí y también en Esmeraldas (Figura N° 7.2).*

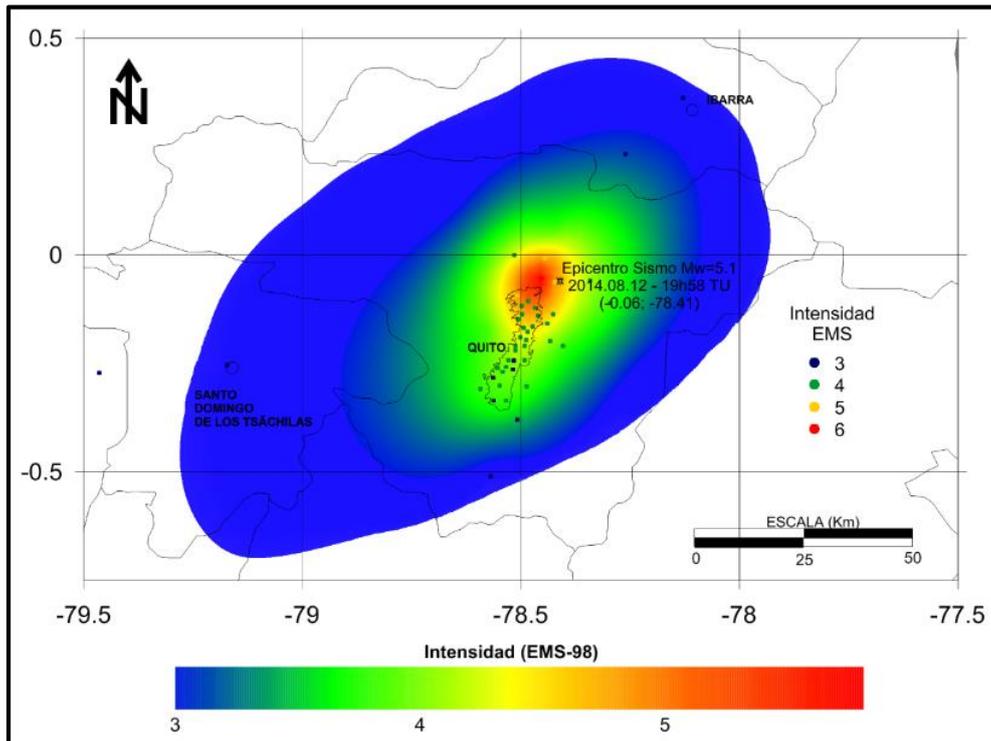


Figura Nº 7.1. Isoisetas del sismo de agosto 2014 (epicentro en la zona de Laderas de San Francisco, puntos de colores muestran las parroquias desde donde se recibieron los reportes (Singaicho J, 2014)

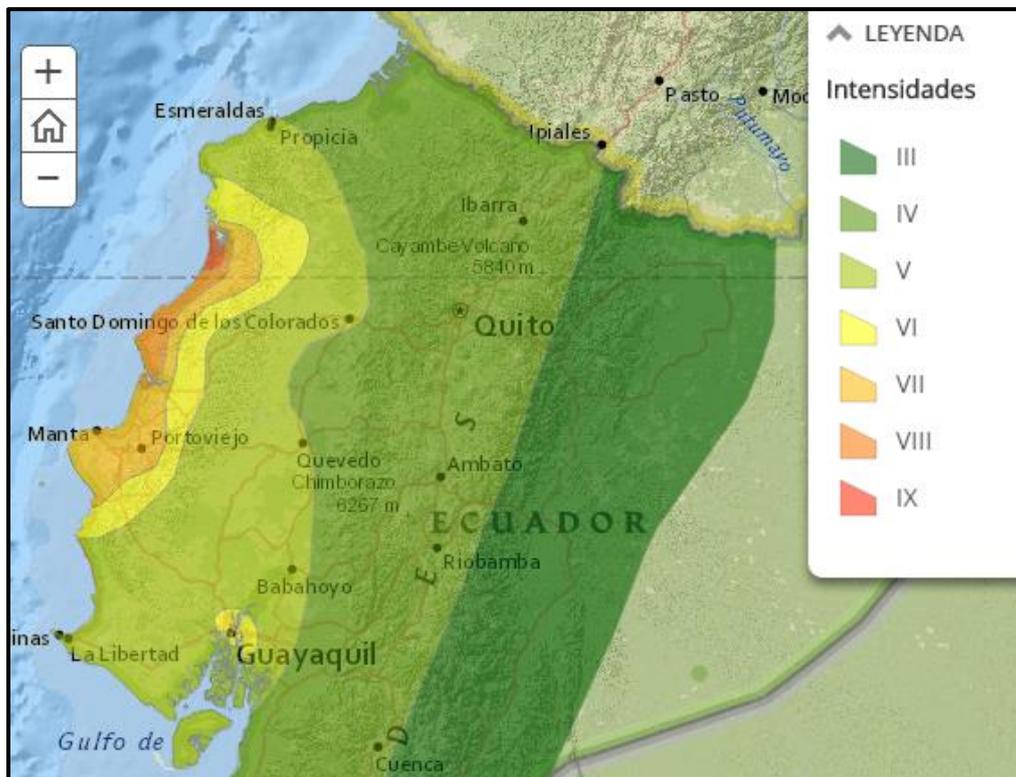


Figura Nº 7.2. Distribución de intensidades del Sismo de Pedernales 2016 (IG-web page)

7.2.2 Análisis de la Sismicidad

La amenaza sísmica en el Valle Interandino (VI) se debe a varias fuentes sismogénicas que pueden actuar individualmente o en conjunto durante un sismo (DNDC, 1991); en base a los estudios de la época se puede decir que las fuentes sismogénicas en la zona son:

- **Zona A:** Sistema dextral transcurrente de las fallas Baeza-Chingual y se proyecta como ramales oblicuos a la cordillera andina con los segmentos de Riobamba-Pallatanga en dirección al Golfo de Guayaquil. El Bloque Norandino en movimiento hacia el Nor-este, que se halla dominado por la falla Pisayambo-Huambaló cuya prolongación es la falla Pallatanga ($v = 4\text{mm/año}$), que puede generar sismos de magnitudes mayores a 7,5 como el de Riobamba (1.797); se tendrían períodos de recurrencia mayores a 100 años.
- **Zona B:** Sismos generados por la subducción de la placa tectónica Nazca bajo la placa continental Sudamericana, oblicuidad de la subducción bajo el continente en la porción septentrional de los Andes; $M_s > 8$, como el de 1.906 en Esmeraldas, sismos de Bahía 1998, y de Pedernales (2014).

Alvarado A (2012), determina varias fuentes sismogénicas en el país (Figura N° 7.3); asociadas básicamente a la subducción de la placa Nazca bajo el Continente Sudamericano y al movimiento de fallas superficiales que generan sismos corticales (profundidades entre 0-40 Km).

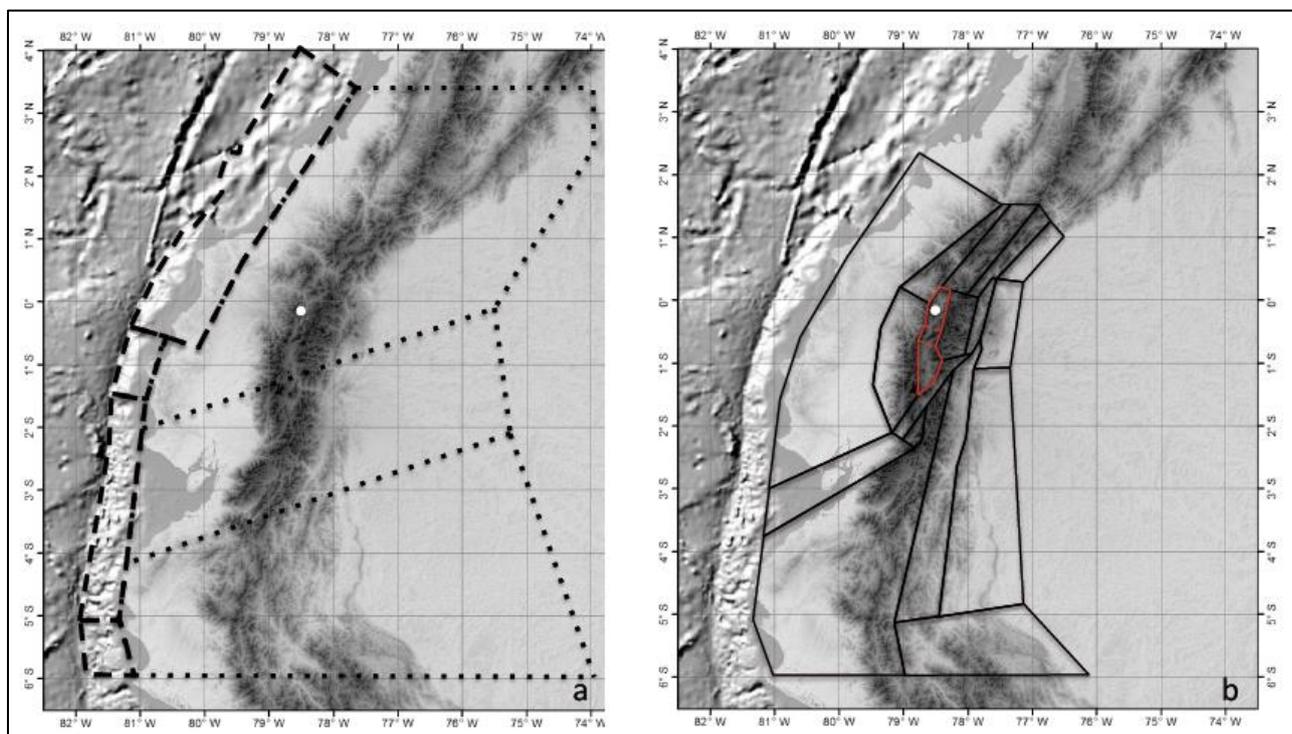


Figura N° 7.3. Fuentes Sismogénicas del Ecuador (Alvarado A. 2012) a) Planos de subducción de la Placa Nazca (líneas negras gruesas) y Zonas Intracontinentales (línea de puntos) b) Sismos asociados a Corteza Continental (líneas negras; la zona de Quito-Machachi-Latacunga está resaltada en rojo).

Beauval et al (2013) integra la información disponible de los epicentros de sismos en el Ecuador; medidos instrumentalmente desde 1962 y los sismos históricos analizados mediante un modelo matemático para determinar de forma aproximada la ubicación de los epicentros (Figura N° 7.4), que confirman el modelo propuesto por Alvarado A (2012), y se ve confirma que la mayor concentración de sismos coinciden con el modelo de fuentes sismogénicas planteado por la misma autora.

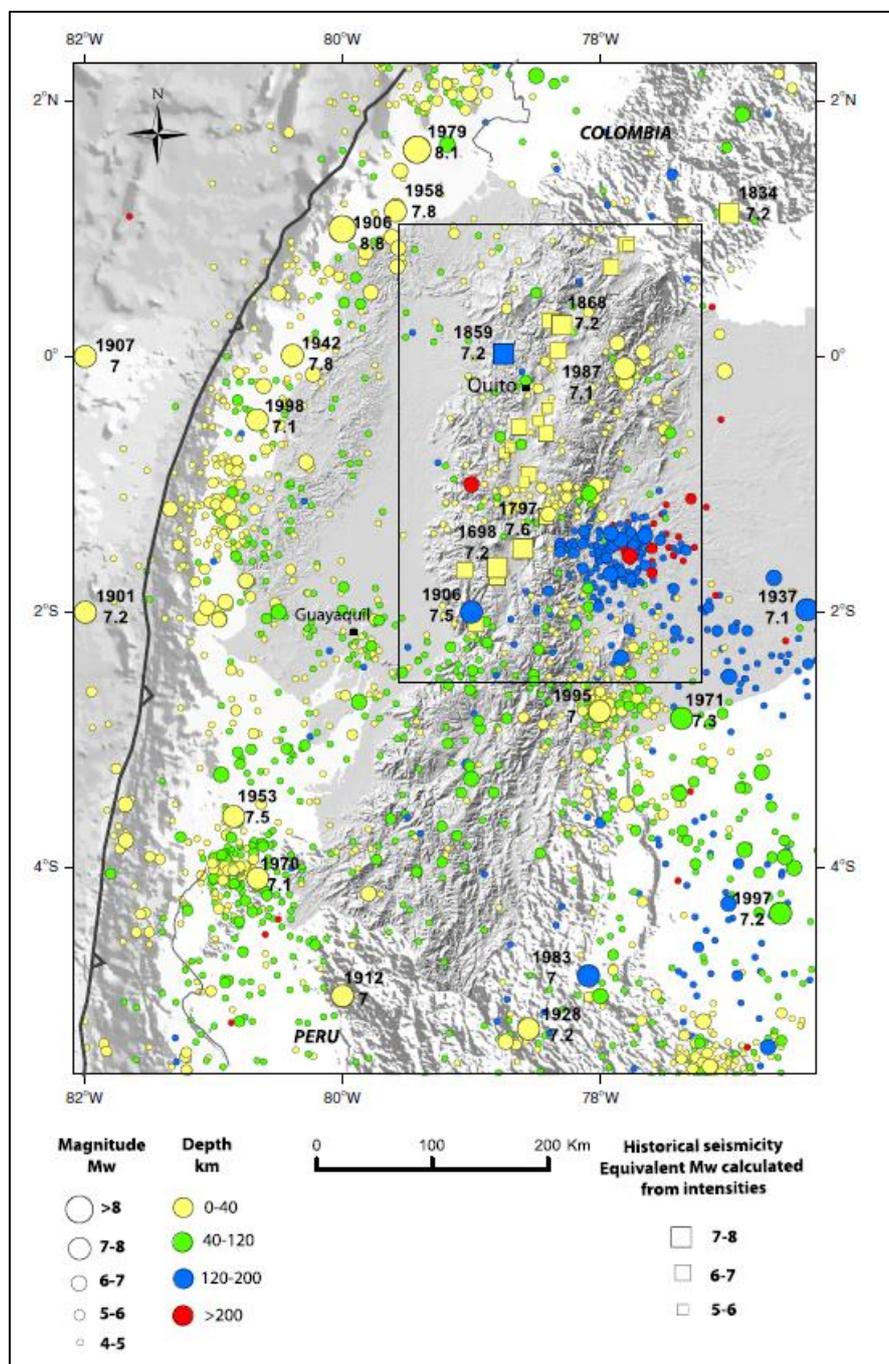


Figura N° 7.4. Epicentros de los sismos entre 1587-2009, se integran eventos medidos instrumentalmente y sismos históricos, se muestran magnitudes mayores a 4; se indica el año y magnitud del sismo para eventos con $M_w \geq 7.0$ (Tomado de Beauval et al, 2013)

En el Ecuador se tienen fundamentalmente dos ambientes sismogénicos generadores de terremotos (Instituto Geofísico-EPN, 2013): El primero, relacionado directamente con la placa de Nazca, compuesto por:

- ✓ La zona de interfase generada en la zona de rozamiento por la subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana
- ✓ El desgarre a profundidad de la placa en subducción.

El segundo ambiente relacionado con el fallamiento cortical inducido por:

- ✓ La deformación de la corteza continental en respuesta al empuje de la placa de Nazca
- ✓ El escape de una microplaca continental, el Bloque Norandino – NAB, en respuesta a los esfuerzos tectónicos regionales de esta parte del continente sudamericano.

Analizando los sismos históricos, la mayoría de ellos ocurren hacia el Norte de la Latitud 2° S; la sismicidad cortical se concentra fundamentalmente en la Cordillera, los hipocentros de los sismos tienen profundidades someras relacionadas con las fallas activas que absorben la deformación andina del escape del Bloque Nor Andino hacia el Noreste y con el ambiente tectónico Subandino. De estos sismos cinco de ellos han registrado magnitudes importantes entre 7 y 8 Msk; el mayor terremoto fue el de Riobamba-1797 (Instituto Geofísico-EPN, 2013).

El Sistema de Fallas de Quito (QFS) fue analizado y descrito por Alvarado (2014) y Villagómez (2003), se distinguen varios segmentos que presentan manifestaciones geomorfológicas, el segmento Calderón - Catequilla se encuentra en la zona de estudio. También existe la influencia de la falla dextral de Guayllabamba (Figura N° 7.5). Las principales características del QFS son:

- ✓ El sistema de Fallas de Quito, es activo, es inverso, con fallas ciegas y tiene una dirección promedio 20° N, extendiéndose por alrededor de 60 km.
- ✓ El plano de fallamiento principal está inclinado hacia el oeste, con un ángulo promedio de 40°
- ✓ La estructura superficialmente está segmentada, distinguiéndose al menos 4 segmentos principales, que de sur a norte son: Puengasí, Ilumbisí - La Bota, Carcelén - El Inca, y Bellavista - Catequilla. Cada segmento es capaz de producir un sismo en el rango de magnitudes alrededor de 6 Mw (Magnitud de Momento).
- ✓ Se identificó además que el sistema de Quito se está deformando activamente de manera muy importante y que tiene una velocidad instantánea determinada por métodos geodésicos entre 2 - 4mm/año,
- ✓ Se identificaron además dos sistemas de fallamiento de segundo orden, que funcionan en transcurrencia tipo dextral, con una dirección principal NE-SW, correspondientes a las fallas del Río San Pedro y de Guayllabamba.

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 Rs – 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) y las estimaciones del Dr. Singaicho J, de una intensidad máxima esperada de 7.0 EMS para la zona norte de Quito (FUNEPSA, 2015). El evento ocasionó afectaciones en Calderón - Carapungo y disparó movimientos de terrenos pequeños en Catequilla y Laderas de San Francisco, donde ocurrieron caídas de escombros y colapsos en la vía de acceso a Planada de San Francisco.

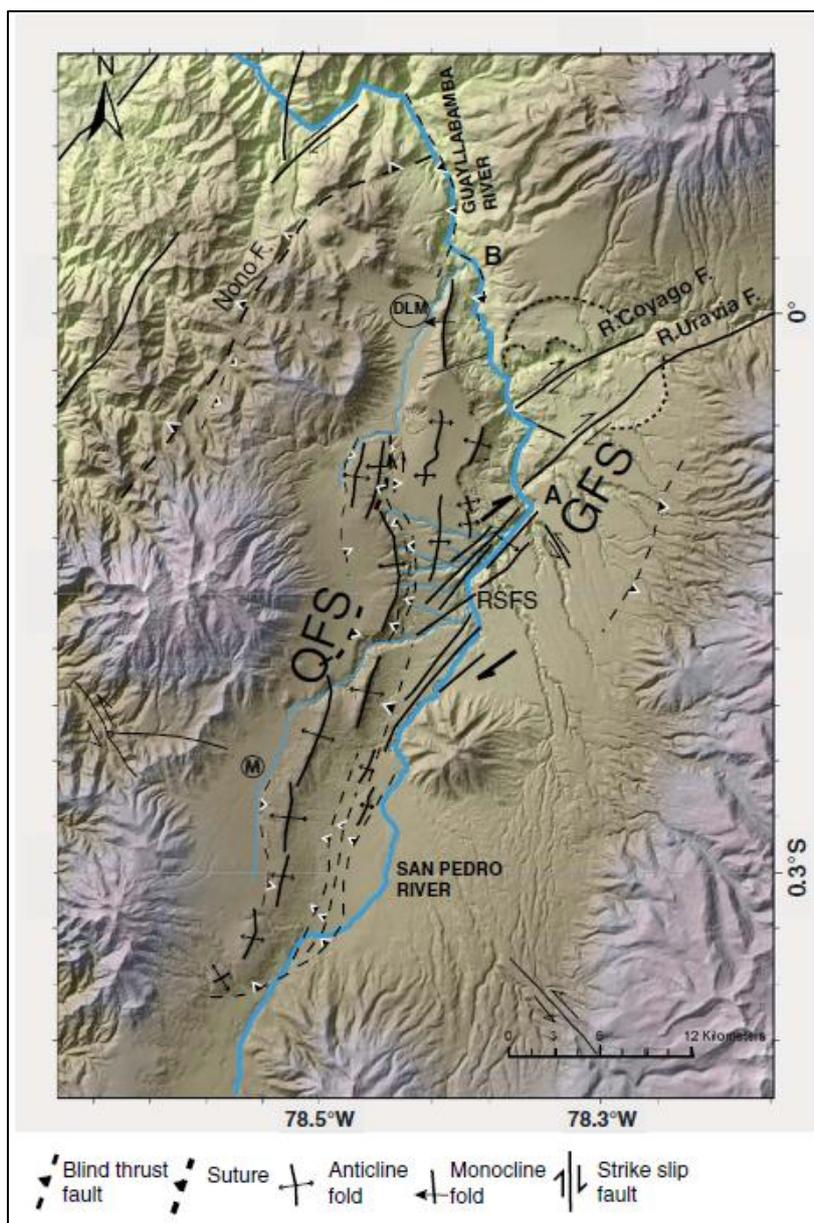


Figura N° 7.5. Mapa Neotectónico de Quito. M: Río Machángara; DLM: Río Monjas; QFS: Sistema de Fallas de Quito; GFS: Sistema de Fallas de Guayllabamba (tomado de Alvarado A, 2014)

Beauval et al (2014), realiza un análisis de la Amenaza Sísmica Probabilística en Quito para un período de recurrencia de 475 años (10% de probabilidad de excedencia 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 deleznable como los que se hallan en Laderas de San Francisco.

Se concluye además que aceleraciones de 0.3 g serían el valor mínimo estimado 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 consideran el efecto de sitio (presencia de turbas, limos y arenas no consolidadas, etc.); por ello es importante actualizar la microzonificación sísmica considerando el efecto de sitio.

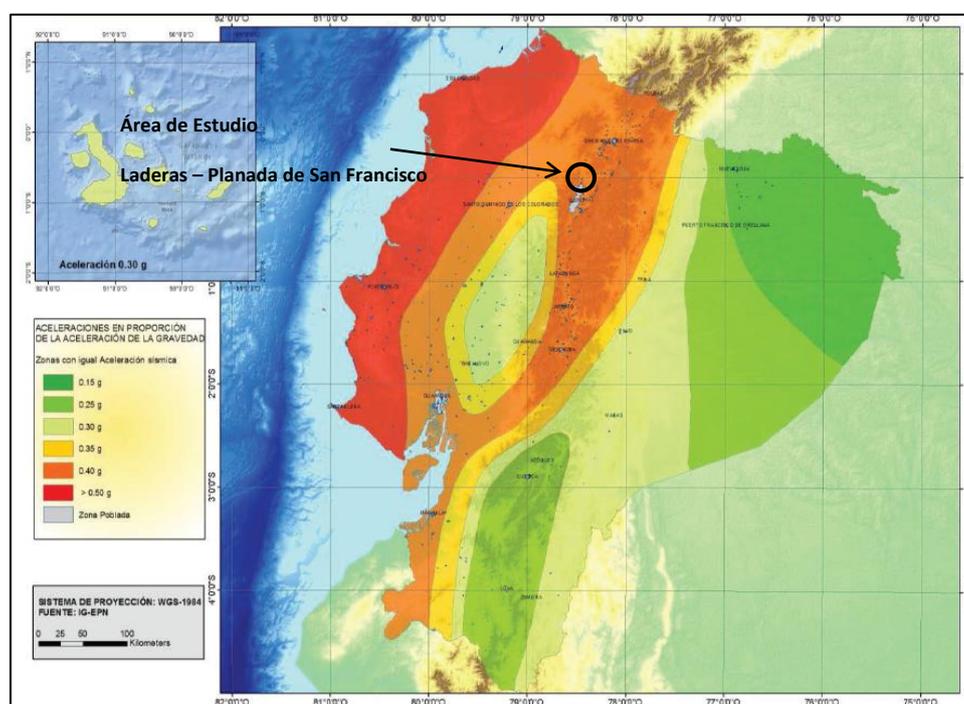


Figura Nº 7.6. Mapa de las máximas aceleraciones sísmicas esperadas (Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC, 2.014)

En el año 2011 se presenta el mapa para Diseño Sísmico en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2011); esta norma ha sido actualizada por última vez el año 2014. Acorde a estos estudios las aceleraciones máximas esperadas en roca (factor Z), para la zona llegarían a 0.4 g (Figura 7.6), lo cual debe ser utilizado como parámetro para el diseño de las obras de ingeniería civil en el área de estudio. Este valor concuerda

- ✓ Zona sísmica: V
- ✓ Valor factor Z = 0,40
- ✓ Caracterización de la Amenaza Sísmica: Alta

El estudio realizado para la EMAAP-Q por Yepes y Ramón (2000) recomienda valores mucho más altos de Z así: para períodos de retorno de 2000 años las aceleraciones a las que podrían verse sujetas las estructuras están dentro de un rango entre 0,44g y 0,65g y para períodos de retorno de 475 años las aceleraciones sísmicas oscilarían ente 0,26 g y 0,39g.

La duración del movimiento más intenso del suelo puede ser entre 10 y 20 segundos cuando la magnitud del sismo es de grado 6 a 7 Mw, para terremotos de magnitudes mayores que éstas, las vibraciones que causan los daños materiales pueden durar hasta 50 segundos.

7.3 AMENAZA VOLCÁNICA

La amenaza volcánica se produce por la exposición de elementos vulnerables a eventos como caídas de ceniza, flujos piroclásticos, etc. Se hace un análisis de la misma y de la exposición de la zona en estudio a estos productos volcánicos.

7.3.1 Productos Volcánicos

Trabajos de The United States Geologic Service (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos) y varios autores han clasificado y caracterizado a las principales amenazas volcánicas (Figura Nº 7.7), las cuales son: Emisión de Gases, Caídas de Ceniza, Flujos Piroclásticos, Lavas y Domos y Lahares; de ellos se han producido eventos en la zona de estudio, como son la caída de ceniza del Guagua Pichincha (1999) y Reventador (2002); flujos de lodos y escombros bajaron por el río Guayllabamba en la erupción del año 1877 (Wolf, 1878).

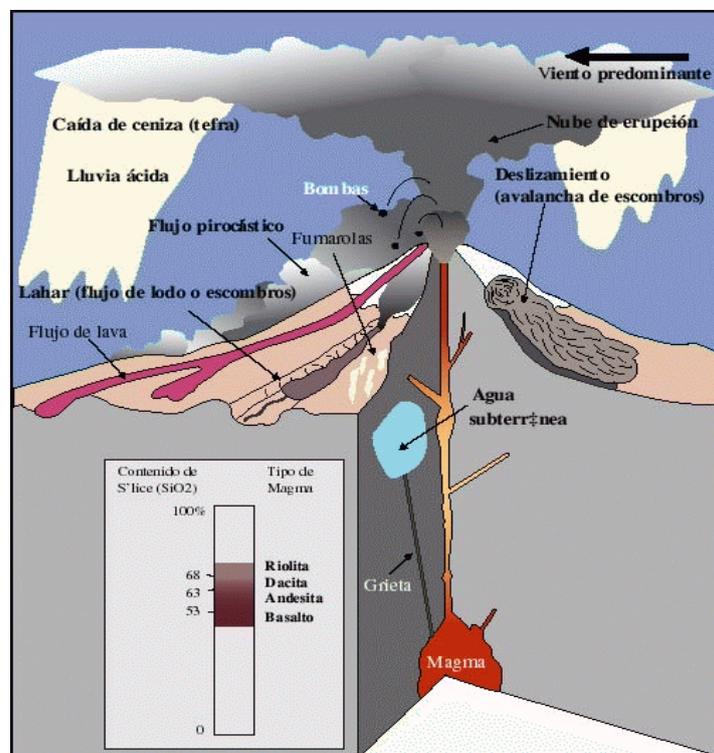


Figura Nº 7.7. Amenaza Volcánica USGS web page
(Se ven los principales productos volcánicos que pueden generar los volcanes)

Lahares

Lahar es una palabra javanesa (que proviene de la Isla de Java-Indonesia) con la que se definió por primera vez los flujos de escombros de un volcán. Los lahares son mezclas de escombros rocosos, sedimentos finos, cenizas y agua, que pueden movilizarse rápidamente hacia abajo y se originan en las pendientes de los volcanes por acción directa del mismo (Pierson & Scott, 1998). Son fenómenos comunes cuando abunda el agua, ya sea por la fusión del casquete de hielo y nieve en la cumbre de un lago cratérico, lluvias fuertes durante la erupción; o cuando un flujo piroclástico entra en contacto con un río o laguna.

Los flujos de lodo y escombros, conocidos también como lahares secundarios, comprenden una mezcla en proporciones variables de agua y material rocoso, principalmente volcánico (roca, piedra pómez y ceniza), la cual una vez combinada viaja rápidamente pendiente abajo, siguiendo el curso de las quebradas principalmente.

En el año 2002 el Volcán Reventador tuvo una violenta erupción, lo que generó flujos de lodos - lahares (Foto N° 7.3) los cuales afectaron al SOTE - OCP y al carretero (Q. Marker).



Foto N° 7.3. Lahares generados en la erupción del Reventador en el año 2002 (DNDC, 2002)

Caídas de Ceniza

Durante una erupción las partículas finas son transportadas por el viento y caen a mayor distancia, cubriendo la superficie de la región con un manto de material cuyo espesor varía de milímetros hasta metros. La peligrosidad de una caída de cenizas volcánicas va en función del estilo eruptivo, magnitud (volumen de material), intensidad y duración de la erupción, rumbo y velocidad del viento, distancia hasta el punto de emisión, temperatura, tamaño y densidad del material que cae.

Otro peligro es la caída de los techos de las casas de la zona afectada debido a la acumulación de piroclastos (Foto N° 7.4); este peligro aumenta si el material está mojado, puesto que con el agua se incrementa el peso de la misma; también hay afectaciones a la agricultura, aviación, ganadería, obras civiles, etc. Además podrían causar dificultades para respirar y se incrementan notablemente las enfermedades en las vías respiratorias e infecciones en los ojos. Podrían afectar levemente a la zona con caídas menores a 0.5 cm.



Foto N° 7.4. *Techos de invernaderos colapsados producto de la caída de ceniza durante la erupción del volcán Tungurahua en el año 2006 (DNDC, 2006).*

Depósitos de Avalancha

En los últimos años se han reconocido, en distintas partes del mundo, colapsos de volcanes que han causado grandes avalanchas de roca, a veces acompañadas por una formidable erupción. Este fenómeno se atribuye a la inestabilidad de los grandes conos volcánicos con flancos de fuertes pendientes constituidos por materiales no consolidados los cuales pueden derrumbarse fácilmente bajo el efecto de la gravedad. El derrumbe puede ser causado por la intrusión del magma, sismos fuertes y/o por otro fenómeno desestabilizador.

El resultado es el colapso parcial del edificio volcánico, dejando un anfiteatro de tamaño variable en el cono y la formación de un inmenso abanico de escombros de extensión considerable (10 - 1000 Km²). Estas avalanchas que se desplazan a altas velocidades destruyen, cubren y/o arrasan con todo lo que encuentran a su paso, pudiendo transformarse posteriormente en extensos flujos de lodo. El colapso o destrucción del cono podría generar una erupción volcánica ya que al producirse el derrumbe parcial del edificio, se puede destapar el sistema magmático, desencadenándose una explosión lateral y/o vertical en la cual se generan flujos piroclásticos de alto poder destructivo. Este tipo de eventos es muy raro y con una probabilidad de ocurrencia realmente baja, no obstante se tiene un depósito de estas características dentro de los volcánicos Mojanda - Fuya Fuya (Debris Avalancha).

7.3.2 Análisis de la Amenaza Volcánica

Se efectúa un análisis de los centros de emisión volcánica activos (erupciones históricas desde la época de la Colonia, como son: Cotopaxi, Guagua Pichincha, Reventador, Antisana y Cayambe) y potencialmente activos (erupciones hace miles de años como: Pululahua) que podrían afectar a la zona de estudio (Figura N° 7.8).

Otros volcanes como El Mojanda – Fuya Fuya y Casitahua no han tenido actividad hace miles de años y centros de emisión como el Atacazo-Ninahuilca tienen poca probabilidad de afectar la zona de intervención.

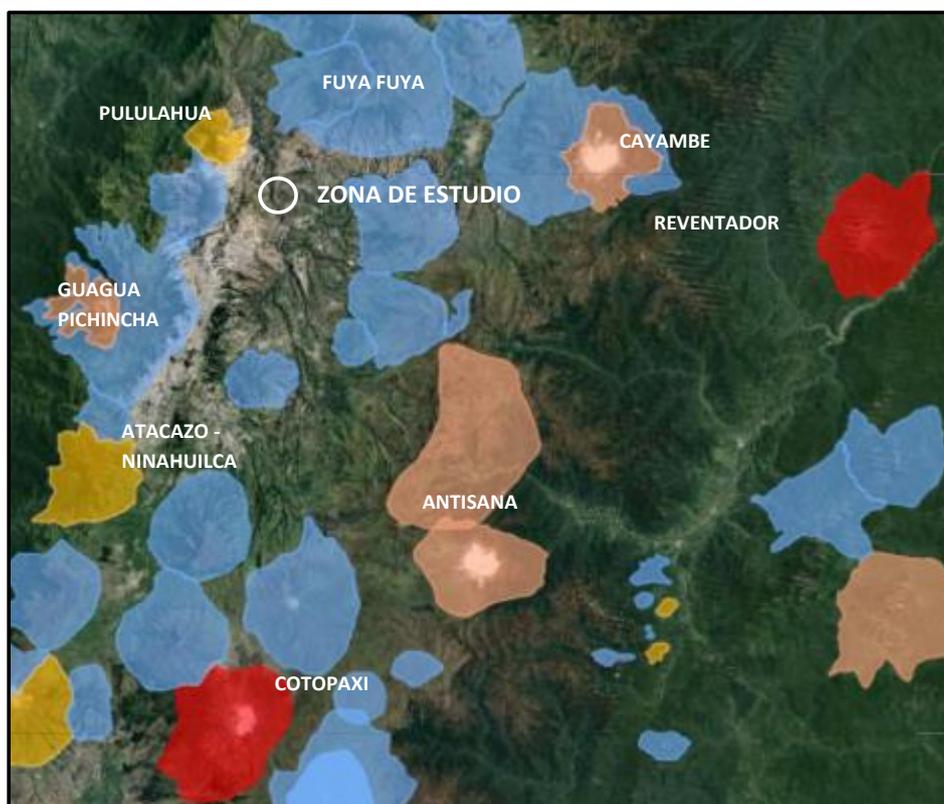


Figura N° 7.8 Centros de emisión volcánica cercanos a Quito (IG EPN - web page, 2017)

El volcán Guagua Pichincha

Ceniza

Erupciones pasadas del Pichincha han afectado a la ciudad de Quito, la más reciente en el año 1999, cubrió con una capa de 0.1-0.5 cm de ceniza a la ciudad y se tuvo que cerrar el aeropuerto por esta afectación. El mapa de peligros volcánicos del Guagua Pichincha (IG-EPN web page, 2017), muestra que se esperan en la zona hasta un máximo de 5 cm de ceniza; por ello y correlacionando este dato con la erupción de 1999, se pueden esperar caídas de cenizas entre 0.1- 0.5 cm de espesor (Volentik A & Houghton B, 2015).

El volcán Reventador

Ceniza

La caída de ceniza es un evento aleatorio, no obstante en la erupción del Reventador del año 2002, toda la zona de Calderón fue afectada por la misma, llegando a tener 0.1-0.2 cm de espesor (DNDC, 2002); por ello pueden esperarse nuevamente caída de ceniza en el orden 0.1-0.2 cm; aunque la probabilidad de este evento es baja (3.8%) según Volentik & Houghton (2015)

El volcán Cotopaxi

Lahares

Los lahares que provienen del Cotopaxi bajarían por los ríos Pita, Santa Clara, San Pedro y Guayllabamba, y pueden afectar indirectamente a la zona de Laderas – Planada de San Francisco, por la destrucción de los puentes sobre el río Guayllabamba. Existe el antecedente de la erupción de 1877 cuyos flujos de escombros llegaron a Esmeraldas por el río Guayllabamba

Ceniza

Erupciones pasadas del Cotopaxi han afectado incluso a la ciudad de Quito, esto por la gran magnitud de las erupciones y por las direcciones predominantes de los vientos hacia el Oeste y Nor-Noroeste.

Es probable que se produzcan caídas de ceniza en Quito, según Volentik & Houghton (2015) para caídas de 1.0 mm la probabilidad está entre 14.9-19.9 % y para caídas alrededor de 1.0 cm está entre 2.5-5.8%.

El volcán Cayambe

Ceniza

El peligro por caídas de ceniza desde el Cayambe es bajo por la ubicación del volcán y por sus características que no ha generado grandes columnas eruptivas; no obstante acorde al mapa de peligros de este volcán, podría existir una pequeña afectación (<1.0 cm) si se produce un evento grande y existen vientos con dirección Este a Oeste en la Cordillera de los Andes (Instituto Geofísico EPN-web page, 2017).

El volcán Antisana

Ceniza

Si se produce una erupción, puede llegar a afectar esta zona por la dirección predominante de los vientos desde el Oriente hacia la Sierra (Valle Interandino). Se pueden esperar caídas de ceniza < 0.5 cm, aunque no hay precisiones de los espesores de ceniza en el mapa de amenazas del Instituto Geofísico de la EPN (Instituto Geofísico-EPN, web page 2017).

El volcán Pululahua

Ceniza

Por la magnitud de las erupciones pasadas y ubicación cerca del Pululahua, nubes de ceniza y pómez podrían alcanzar esta localidad. Se tendrían caídas de cenizas de varios centímetros en esta localidad acorde al Mapa de Peligros Volcánicos del Pululahua del Instituto Geofísico (Instituto Geofísico – EPN, web page 2017). En efecto se ve hasta la actualidad restos de la última erupción del Pululahua al tope de la secuencia estratigráfica, lo cual fue descrito en el capítulo de Geología.

7.4 AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS

El clima de la Serranía Ecuatoriana es variable, debido a su orografía, topografía, cercanía con la Costa del Pacífico, influencia de las corrientes de la Región Amazónica, etc. Por ello existen varios microclimas en la ciudad de Quito; los vientos corren por los valles y llanuras; su intensidad y dirección está influenciada de las corrientes marinas, como la cálida de El Niño y la fría de Humbolt, así como de los vientos provenientes del Oriente, etc. Laderas de San Francisco al estar ubicada en la Región Sierra, cuenta con un clima de tipo ecuatorial con dos épocas: la lluviosa y la seca (existen fases críticas de estiaje), que se caracterizan en función al régimen pluviométrico.

Zonas inundables

No existen reportes de inundaciones en la zona de intervención, existen referencias locales en Cristo Rey II de torrentes que se desbordan sobre todo de las vías de acceso a los barrios (debido a que son caminos de tierra mal compactados) y que también intensifican los procesos erosivos en esta zona. Esto también está acorde con los registros de precipitaciones, ya que estamos en una de las zonas más secas del DMQ.

Déficit Hídrico (Sequías)

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor que el promedio (déficit hídrico), y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente acentuada y prolongada, como para afectar las actividades humanas.

No existe amenaza por déficit hídrico en la parroquia de Calderón y por ende en la zona de Laderas de San Francisco, ya que se tienen suficientes precipitaciones entre 600-800 mm durante el año (Figura N° 7.9).

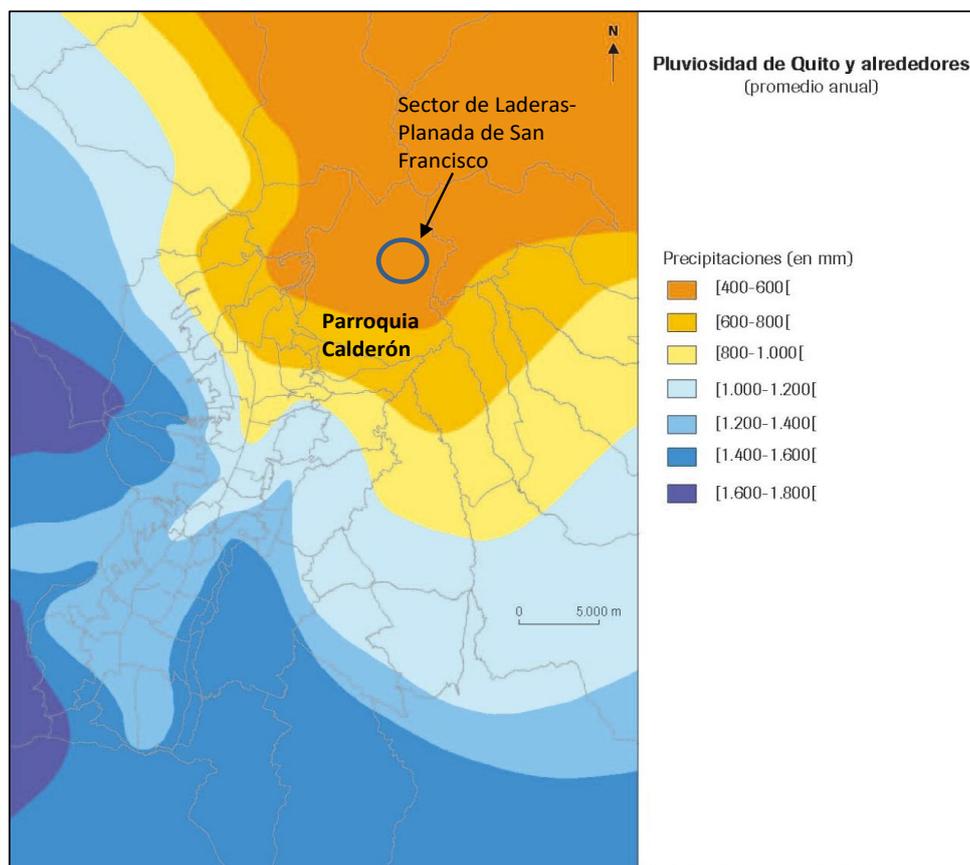


Figura N° 7.9. Mapa de Isoyetas de Quito; existen precipitaciones entre 400-600 mm. en la Parroquia de Calderón y por lo tanto no existe déficit hídrico (Salazar A, 2014).

7.4.1 Erosión Hídrica

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 (UNESCO, 2009). La erosión hídrica es un proceso físico definido como: “El desprendimiento y arrastre de partículas de suelo por acción del agua. Las gotas de lluvia desprenden el suelo y el agua de escorrentía es la encargada de realizar el transporte y la sedimentación” (Hudson, 1981; Paulet, 1974).

En términos generales, la zona de Laderas de San Francisco y sus zonas de influencia (varios barrios), están ubicados en una zona seca tal como se describe en el Capítulo V del Volumen 1, así como, caracterizado por su poca vegetación; zonas muy escarpadas y de suelos sueltos y de buena permeabilidad donde se han asentado una buena cantidad de viviendas precarias y de construcciones de hormigón armado sin dirección ingenieril pero de buen aspecto; quebradas muy profundas sin escurrimiento superficial (Foto N° 7.5); vías en mal estado y con cunetas

proclives a erosión localizada por eventos de lluvia intensas (Foto N° 7.6), las cuales debido a la buena porosidad de los suelos, no llegan a saturar los mismos y no producen escurrimientos superficiales; zonas planas muy pobladas, pero alejadas de los cauces (Foto N° 7.7).



Foto N° 7.5. Vista general de la parte superior de la zona del proyecto



Foto N° 7.6. Efecto de erosión por corte de camino y presencia de cuneta

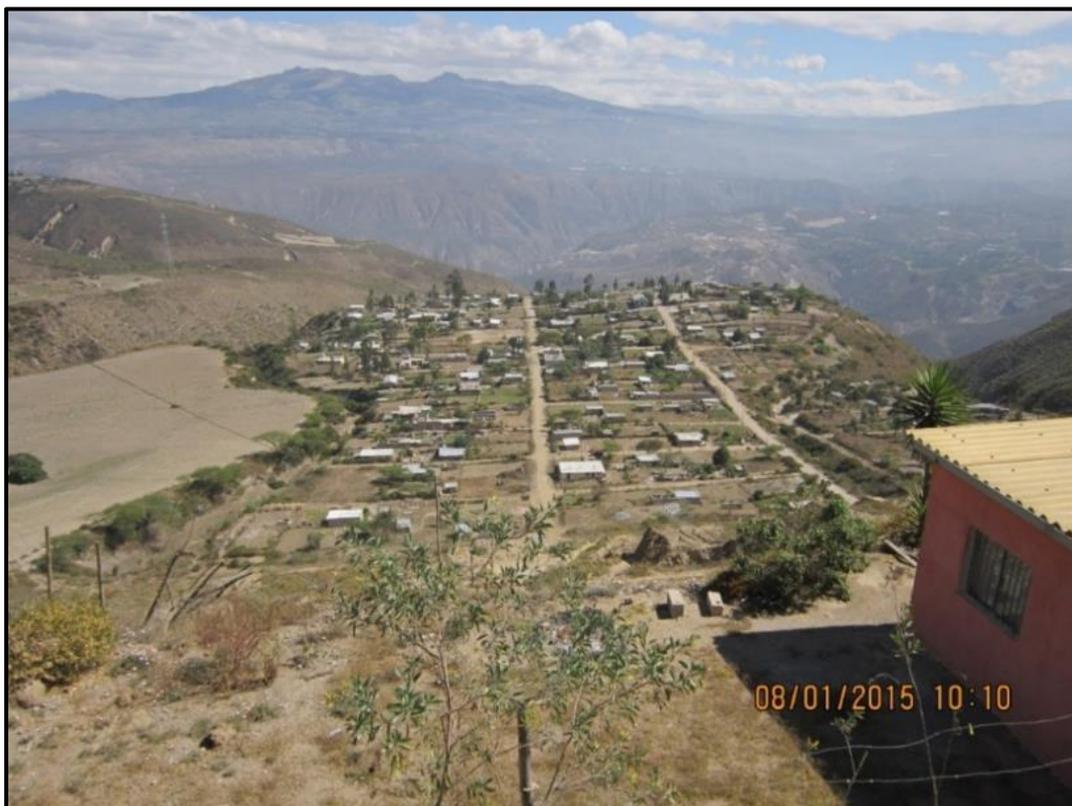


Foto N° 7.7. Zonas planas sin evidencia de acción eólica

Las variables hidrometeorológicas que pueden causar algún tipo de amenaza en esta zona, debido a su intensidad y duración, tanto sobre el medio ambiente y / o la sociedad y su infraestructura (viviendas en la mayoría de los casos, debido a que no existe ningún tipo de infraestructura de escuelas, centros médicos, etc., y tampoco existe infraestructura sanitaria de agua potable y alcantarillado) son: precipitación, viento, temperatura y caudal de agua en una corriente.

Como se describió en el Capítulo V del Volumen 1, la zona de San Francisco puede estar principalmente afectada por la precipitación y el viento, puesto que los cambios de temperatura no son extremos y en la zona no se ha observado cursos de agua ni efímeros, peor permanentes en el tiempo por lo que la presencia de caudales en los cauces no es dable, por el tipo de suelo que existe en las cuencas aportantes y los niveles de precipitación que no son suficientes para una infiltración profunda y la generación de caudales base que podrían dar origen a caudales superficiales en los cauces existentes.

Dada la naturaleza suelta de los suelos, especialmente en las partes escarpadas (Foto N° 7.8), la acción de la precipitación y de los vientos pueden ser preponderantes en la producción de sedimentos que podrían afectar a la infraestructura habitacional existente.



Foto N° 7.8. Presencia de grandes desprendimientos en zonas muy escarpadas.

Sin embargo, de los trabajos de levantamiento de información física de las viviendas, para la evaluación de la vulnerabilidad física de la zona (ver la sección relativa a vulnerabilidad), no han existido eventos importantes ocasionados por precipitaciones / lluvias intensas o por vientos fuertes, que hayan dañado las viviendas.



Foto N° 7.9. Huellas de escurrimiento superficial de agua lluvia

No obstante, si se puede observar en algunas viviendas la acción aislada de escurrimientos de agua provenientes de precipitaciones que han sido drenadas por las vías y calles de las urbanizaciones existentes, pero que no han causado daños a la infraestructura, sino más bien,

inconvenientes menores durante la ocurrencia de estos eventos, los cuales se han solucionado con el paso del evento (Foto N° 7.9). El acceso al barrio está sobre un escarpe que se activó en el sismo del 12 de agosto de 2014 y se generaron varios colapsos de terrenos. La ausencia de cunetas ha producido que las aguas lluvias provoquen una intensa erosión en los flancos, que puede cortar la vía de acceso al Barrio Laderas de San Francisco en cualquier momento. (Funepsa – Rivera et al, 2015).

Como se manifestó anteriormente, las variables meteorológicas que podrían ocasionar algún tipo de amenaza, son el viento, con su velocidad, y la precipitación, con su intensidad y duración, la cual está relacionada íntimamente con el desprendimiento de partículas sólidas de las superficies expuestas, especialmente en las zonas escarpadas y de formaciones de grandes quebradas.

Efecto del viento

El viento es un agente meteorológico importante para varios procesos atmosféricos, tales como la evaporación y la erosión. Para el caso de la erosión eólica, o producida por el viento, ésta tiene que ser de tal magnitud que permita desprender las partículas de suelo, en contra de la acción de la gravedad y de cohesión molecular de las partículas de la superficie, lo cual puede ser preponderante en las partes áridas y semiáridas del planeta, o como las que se tienen en esta zona. Su efecto no es tan importante como el efecto del agua, debido a que las fuerzas de arrastre son mucho menores, pero si tiene su importancia a muy largo plazo, por los efectos de arrastre lento que tiene, especialmente en las partículas más finas del suelo y que pueden ser depositadas en las partes más bajas de las cuencas. La configuración de las zonas erosionadas eólicamente, son muy características de las zonas secas, como se muestra en la Foto N° 7.10.



Foto N° 7.10. Muestra de laderas erosionadas fuertemente por el viento y agua

Al ser un efecto preponderante sobre los suelos, la ciencia hidrológica no lo trata específicamente, sin embargo, es factible manifestar que las magnitudes de los vientos existentes en la zona de estudio (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

La precipitación es el agente meteorológico erosivo más importante que la ocasionada por el viento, debido a la fuerza cinética producida: a) por la caída de las gotas de agua sobre suelos sueltos y permeables, lo cual produce el desprendimiento de las partículas y su consecuente movilización; y, b) por la acción de la fuerza tractiva que el flujo superficial del agua puede causar sobre las partículas de suelo saturado y desencadenar la erosión del suelo, la cual es producida en laderas y su movimiento es facilitado por la creación de riachuelos, cárcavas, quebradas (Fotos Nº 7.11, Nº 7.12 y Nº 7.13), y finalmente hacia ríos y el océano (McCuen, 1989).



Foto Nº 7.11. Forma típica de erosión por precipitación en laderas de suelos sueltos



Foto N° 7.12. Formación de pequeñas cárcavas producidas por el golpe de las gotas de agua



Foto N° 7.13. Formación de pequeñas cárcavas producidas por el golpe de las gotas de agua

Los parámetros de la precipitación que pueden ser críticos son: la intensidad, su duración y la frecuencia de ocurrencia. Estos parámetros son importantes al momento de definir crecidas, sin embargo, como se anotó previamente, no existen evidencias y no se ha producido un flujo permanente en ninguna de las depresiones existentes en la zona del proyecto. Por lo tanto, la amenaza se reduce a la erosión del suelo por efecto de las precipitaciones, la cual representa más una amenaza hacia el sistema ecológico de la zona del proyecto, antes que una hacia la infraestructura existente.

El Atlas de amenazas naturales en el Distrito Metropolitano de Quito (2010) identifica las amenazas por inundaciones y las de movimientos en masa, como importantes en la zona de Calderón, pero no en la zona de San Francisco y los reportes de tales eventos están fuera de la misma.

7.4.2 Erosión Laminar

Los procesos de erosión hídrica están fundamentados en el ciclo hidrológico (De Regoyos, 2003); la duración, intensidad y frecuencia de las precipitaciones, logran la remoción de capas delgadas y uniformes de suelo sobre toda el área, produciendo lo que se denomina como erosión laminar (Favis - Mortolock, 2007). Por ello la erosión laminar es producto de una combinación del efecto de impacto de las gotas de lluvia sobre suelos descubiertos de vegetación y la asociada con la erosión producida para el escurrimiento superficial de agua. El método de estimación de la erosión laminar más usado mundialmente es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, de sus siglas en inglés) (McCuen, 1989; Singh, 1992), la cual proporciona guías prácticas para control de erosión, como las causadas en este tipo de zona con altos niveles de erosión superficial.

Laderas de San Francisco es una zona con escasa cobertura vegetal, relativamente seca y con pendientes pronunciadas, especialmente en las áreas de Terrazas de Bellavista y Laderas de San Francisco. Es además importante mencionar la presencia de quebradas pendientes y profundas, las cuales fueron generadas, muy probablemente, por la acción erosiva de la precipitación y del escurrimiento superficial, amén de la acción de deslizamientos antiguos y recientes por la acción antrópica en la apertura de vías de acceso y la conformación de terraplenes para construcción de viviendas (Foto N° 7.14).



Foto N° 7.14. *Formación de erosión laminar por terrazas para construcción de viviendas*

7.4.3 Aplicación Método USLE para la zona de estudio

La Ecuación Universal de Pérdida del Suelo o la erosión actual del suelo es descrita bajo los siguientes parámetros:

$$E = R * K * LS * C * P$$

Donde;

E = Erosión del Suelo (t / ha / año)

R = Erosividad de la lluvia (Mj/hamm/hr)

K = Erosionabilidad del suelo (t/ha) / Mjmm/hah)

LS = Longitud y Grado de la pendiente (adimensional)

C = Factor de Cobertura Vegetal (adimensional)

P = Factor de prácticas Agrícolas (adimensional)

Por otro lado, para estimar la erosión potencial de los suelos (E_p), se puede omitir el uso de los dos últimos factores, lo cual nos indicaría la pérdida del suelo sin vegetación y sin prácticas de conservación del suelo y del agua; quedando la ecuación:

$$E_p = R * K * LS$$

Como antecedente sobre el uso del método USLE en Ecuador a continuación se detalla algunos de los trabajos realizados:

- Jaramillo, J; 2014, para determinar Riesgo por Erosión Hídrica del Suelo en la subcuenca Río Portoviejo, provincia de Manabí;
- Peralta, A; 2015, aplicó el método para el cálculo de la Erosión hídrica en la microcuenca Río Cubí;
- Campaña, F.; 2015, cálculo de erosión Hídrica en la microcuenca del Río Perlaví.
- Tamayo, M.; 2016; Determinación de zonas susceptibles a erosión hídrica en los cantones de Zapotillo y Pindal de la Provincia de Loja, utilizando sistemas de información geográfica y teledetección.
- Veas, L.; 2015; determinó índice de erosión potencial en el Cantón Quevedo aplicando Sistemas de Información Geográfica.

Procesamiento de datos y obtención de factores.

Para el análisis de cada Factor, se utilizó el software ArcGIS 10.3 de la casa ESRI, generando mapas por cada factor que intervienen en la fórmula Universal de Perdida de Suelo USLE. Finalmente, se realizó el álgebra de mapas para obtener la erosión en toda el área.

El procedimiento para la obtención de los parámetros de la ecuación USLE y la información cartográfica SIG se describen a continuación.

Factor de erosividad de la lluvia (R)¹.- Representa la energía con que las gotas de lluvia impactan en el suelo a determinada intensidad rompiendo los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable. Es un factor activo en el proceso de erosión. Este índice está asociado con la capacidad de la precipitación de provocar erosión hídrica, y considera la precipitación media mensual (mm) y la precipitación media anual (mm).

Para el cálculo del índice de erosividad de la lluvia propuesto por Wischmeier (1959) debe existir información pluviométrica muy específica muy difícil de obtener por lo que numerosos autores han señalado la gran dificultad que existe para poder aplicar en algunos territorios este índice donde la red de pluviógrafos existentes es escasa.

Para poder resolver este problema, han propuesto algunos índices adicionales que permiten calcular de forma más sencilla el índice de erosividad de la lluvia: como son de agresividad climática de Fournier (1960) que muestra una alta correlación con la cantidad de sedimentos arrastrados por escorrentía y el índice modificado de Fournier (IFM) propuesto por Arnoldous (1980), el cual analiza sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino también la del resto de los meses. Este índice modificado de Fournier (IFM) caracteriza la agresividad de la precipitación y su cálculo es de la siguiente forma:

$$IMF = \left[\frac{\sum_{i=1}^{12} (p_i)^2}{P} \right]$$

Donde,

IMF = Índice de agresividad climática

(p_i)² = Precipitación del mes i (mm)

P = Precipitación media anual (mm)

Para la determinación de la erosividad de las lluvias, se consideraron los datos (periodo 2000-2013) de la Estación Calderón (M345) y Calderón (P20) para el periodo 2000- 2015, que se ubican dentro de la Parroquia Calderón. Los resultados de aplicar las ecuaciones son presentados en la Tabla N° 7.2:

ESTACIÓN	CALDERÓN (p20)	CALDERÓN (M345)
Coord. X	507622	508645,27
Coord. Y	9991826	9989331
IMF	59,327	56,930

Tabla N° 7.2.- Valores de IMF y Factor R para área Estudio

Fuente: Anuarios Meteorológicos

¹ Peralta, A; 2015, Aplicación del Modelo RUSLE para el Cálculo de la Erosión Hídrica en la Microcuenca Río Cubí; Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas

De acuerdo a la bibliografía consultada (Olivares, 2009), un índice de Fournier Modificado ≤ 100 representa una agresividad climática muy baja, lo cual tienen sentido para la zona de estudio por las bajas precipitaciones que representa.

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. El método más completo para estimar K es el Nomograma de Wischmeier y Smith, (1978), el cual requiere datos sobre porcentaje de limo, porcentaje de arena muy fina, porcentaje de arena, porcentaje de contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad. Para el área de estudio se utilizó una metodología alternativa que consiste en la asignación de valores a la unidad del suelo de acuerdo a la textura superficial y contenido de materia orgánica, de acuerdo a lo tabulado por Kirkby y Morgan (1980). Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estima el valor de erosionabilidad (K), en función de la Tabla N° 7.3:

Los valores para la zona de estudio fueron dados en función al levantamiento de campo realizado como parte del estudio Geológico (Capítulo IV) y del análisis de la clasificación SUCS (Tabla N° 7.4) de las muestras de suelo tomadas (Capítulo IX). No se disponen de análisis de materia orgánica, por lo cual, en base a inspecciones de campo y debido a la fácil disgregación del suelo, se asumieron contenidos de materia orgánica menores a 0,5%.

TEXTURA DEL SUELO	< 0.5%	2%	>4%
Arcilla	0.017	0.038	-----
Arcilla arenosa	0.018	0.017	0.016
Arcilla limosa	0.033	0.030	0.025
Arena	0.007	0.004	0.003
Arena fina	0.0021	0.018	0.013
Arena fina franca	0.032	0.026	0.021
Arena franca	0.016	0.013	0.011
Arena muy fina	0.055	0.047	0.037
Arena muy fina franca	0.058	0.050	0.040
Franco (grada)	0.050	0.045	0.038
Franco arcillolimoso	0.049	0.042	0.034
Franco arcilloso	0.037	0.033	0.028
Franco arenoarcilloso	0.036	0.033	0.028
Franco arenoso	0.036	0.032	0.025
Franco arenoso fino	0.046	0.040	0.032
Franco arenoso muy fino	0.062	0.054	0.043
Limo	0.079	0.068	0.055
Limo franco	0.063	0.055	0.043

Tabla N° 7.3.- Valores de K, asociados a textura y contenido de materia orgánica
Método de Kirkby y Morgan (1980)
Fuente: Peralta, 2015

Código	X	Y	% grava	% Arena	% Finos	SUCS
L1C1	789177,81	9993024,3	0	56	44	Arena Limosa
L1C2	789111,31	9992981,91	0	29	72	Limo
L1C3	789149,68	9992903,84	0	42	58	Limo
L1C4	789107,22	9992799,85	0	44	56	Limo
L1 C5	788950	9992769,45	0	44	56	Limo
L2C1	789524,26	9992430,25	7	71	23	Arena Limosa
L2C2	789231,32	9992473,27	0	61	39	Arena Limosa
L2C3	789344,38	9992602,14	0	38	62	Limo
L2C4	789136,24	9992518,76	0	41	59	Limo
L2C5	789152,3	9992602,72	0	69	31	Arena Limosa
L3C1	788622,79	9993427,97	0	42	58	Limo
L3C2	788587,15	9993400,9	0	52	48	Arena Limosa
L3C3	788446,14	9993311,94	0	27	73	Limo
L3C4	788258,64	9993277,91	0	58	42	Arena Limosa
L4 C2	788433,74	9993370,73	9	80	11	Arena Limpia/ Arena Limosa
L4C3	788287,67	9993724,24	0	60	40	Arena Limosa
L4C4	788287,67	9993724,24	0	81	11	Arena Limpia/ Arena Limosa
L4C5	788246,55	9993737,31	0	25	75	Limo
L5C1	788581,09	9994164,13	0	62	38	arena limosa
L5C2	788530,27	9994204,72	0	35	65	Limo
L5C3	788426,72	9994244,68	0	40	60	Limo
L5C4	788287,59	9994141,3	0	50	50	Limo

Tabla N° 7.4.-Clasificación SUCS de suelos en el área de estudio, Perforaciones

A continuación se presenta la Tabla N° 7.5 con la asignación del factor *K* para la zona del proyecto.

Descripción	Formación	FACTOR K
Volcánicos asociados a la actividad del Mojanda y Fuya Fuya, incluye un nivel de Debris avalancha, pero existen muchos niveles deleznales	Volcánicos Mojanda/Fuya-Fuya	0,0070
Niveles de cenizas - lapilli de fuente desconocida, directamente bajo la Formación Cangahua	Volcánicos Indiferenciados	0,0070
Arenas y limos de origen volcánico	Cangahua	0,0430
Escombros y pilas de materiales de relleno, sin compactación	Coluvial Reciente - Escombros	0,0500
Niveles de arenas y lahares de la Fm. San Miguel, ambiente deltaico, aporte de andesitas y dacitas, en parte deleznales	Formación San Miguel (Aluvial)	0,0360

Tabla N° 7.5.- Tabla de valores K para la zona del proyecto

Longitud y grado de la pendiente (LS)².- Este factor representa el efecto de la topografía sobre la erosión del suelo. Así, 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.

La longitud de la pendiente es la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta el punto en el que el escurrimiento entra en un canal definido. El factor S indica el grado de inclinación de la pendiente. La pérdida de suelo aumenta más rápidamente con la inclinación de la pendiente que con la longitud (Wischmeier y Smith, 1978).

El factor LS es el referido a la longitud (L) y la pendiente (S) los cuales se calculan dentro de la plataforma ArcGis a través de diferentes pasos:

- A partir del DEM o modelo de elevación digital, que se trazaron las curvas de nivel cada 3 m, se calculó la pendiente con la herramienta "slope" en porcentaje.
- Se creó un grid de dirección de flujo con la herramienta "flow direction" y un grid de acumulación de flujo con "flow accumulation".

Para obtener el factor L , se calculó previamente los valores F y m :

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad m = \frac{F}{(1+F)} \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

Todos los cálculos para obtener el Factor LS se realizaron con la herramienta "raster calculator" de ArcGis.

➤ Valor F :

$$((\sin("pen" * 0.01745) / 0.0896) / (3 * \text{Power}(\sin("pen" * 0.01745), 0.8) + 0.56)).$$

➤ Valor m :

$$"factor_f" / (1 + "factor_f").$$

Finalmente se obtuvo el Factor L que responde a la siguiente fórmula de acuerdo a Desmet y Govers (1996):

² Morales, Estimación de la erosión laminar y sedimentación con modelos hidrológicos para la selección de prácticas de conservación de suelos y cambios de cobertura en la Unidad Hidrográfica de Aquin/Saint-Louis Du Sud- Haití; CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, Haití, 2014

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot (22.13)^m}$$

Donde $A_{(i,j)}(m)$ es el área aportadora unitaria en la entrada de un pixel (celda), D es el tamaño del pixel y “ x ” es el factor de corrección de forma.

➤ Factor L:

Power(("flow_Acc"+ 625),("factor_m" + 1)) - Power("flow_Acc",("factor_m" + 1)) / (Power(25,("factor_m" + 2)) * Power(22.13,"factor_m")).

➤ Factor S:

Según McCool, et al (1989) el Factor S depende del valor del ángulo, entonces se utilizó la condicionante “con” para su cálculo con ArcGis:

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

Con ((Tan("pen" * 0.01745) < 0.09),(10.08 * Sin("pen * 0.01745) + 0.03),(16.8 * Sin("pen" * 0.01745) - 0.5)).

➤ Factor LS:

Los factores antes calculados se multiplican:

"factor_l" * "factor_s".

Factor de cobertura vegetal (C).- El factor C es usado para reflejar el efecto de cultivos y prácticas de manejo en las tasas de erosión. Este factor mide como el potencial de pérdida de suelo será distribuido en el tiempo durante la construcción de actividades, rotación de cultivos, y otros esquemas de manejo. En el modelo el factor C es un parámetro tabulado. Se consulta en tablas a partir de determinados valores de parámetros relacionados con la cubierta vegetal. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0 (Tabla Nº 7.6).

Para la asignación del Factor C (Tabla Nº 7.7) en la zona el proyecto se consideró la cartografía de uso actual del suelo dados por el Municipio y la verificación in situ a través de las salidas de campo.

COBERTURA	Factor C
Cultivos anuales	0,3
Cultivo de caña	0,003
Zona Urbana	0,100
Suelo desnudo	1
Cultivo de arroz	0,19
Pastizal	0,012
Láminas de agua	0
Bosque húmedo intervenido	0,017
Cultivos asociados subtropicales	0,079
Matorral seco semi-denso	0,153
Cultivo de Maíz	0,415
Bosque seco denso	0,003
Bosque seco semi-denso	0,013

Tabla Nº 7.6.-Valores tabulados del Factor C

Fuente: Tamayo, M.; 2016; varios valores tomados de Wischmeier y Smith (1978)

USO DEL SUELO	AREA (m ²)	FACTOR C
Bosque Andino Seco (Zona de Protección Ecológica)	1586225	0,013
Residencial 1	554227	0,1
Agrícola - Cultivos ciclo corto	20113	0,415
Canteras activas y abandonadas	177737	1
Agrícola - Cultivos ciclo corto*	122157	0,415
Agrícola - Cultivos ciclo corto*	65873	0,415
Agrícola – Residencial**	324978	0,2575
Agrícola - Cultivos ciclo corto*	47932	0,415
Agrícola - Cultivos ciclo corto*	51221	0,415
Agrícola - Cultivos ciclo corto*	70301	0,415
Canteras activas y abandonadas	41984	1
Canteras activas y abandonadas	43702	1
Agrícola - Cultivos ciclo corto*	34379	0.415

Tabla Nº 7.7.-Valores de Factor C para la zona del proyecto

*Se tomó el valor para cultivos de maíz, cultivos no permanentes ** Promedio entre el valor de uso residencial y cultivos de maíz

Factor de prácticas agrícolas (P).- El factor de práctica conservacionista, (P) refleja el impacto que las prácticas de control tienen sobre la tasa de erosión. Es la razón entre la pérdida de suelo de un cultivo en contornos y siembra en fajas en comparación con cultivos con surcos rectos pendiente arriba o abajo. 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 (Wischmeier y Smith, 1978).

Debido a que la zona no es netamente agrícola, por ende, no existe información o la aplicación de prácticas de conservación, no se ha tenido en cuenta este factor en el cálculo. En la Sección Anexos se presenta los mapas generados para cada factor del método USLE.

Resultados Método USLE.- La FAO clasifica los niveles de erosión. Tabla N° 7.8:

Nivel de Erosión	t/ha año
Leve	≤10
Moderado	10-50
Fuerte	50-200
Muy Fuerte	≥200

Tabla N° 7.8.-Niveles de Erosión

Fuente: Peralta, A; 2015

Para la zona de estudio se tienen tasas de erosión que varían entre 0,000159 y 40 t/ha año, lo que significa tasas clasificadas como nivel erosión leve, por lo que el **nivel de amenaza por erosión en el área de estudio se determina como Baja** (Figura N° 7.10).

En la zona de estudio se puede considerar al factor de erosión por lluvias bajo debido a las bajas precipitaciones, sin embargo, al sumar otros factores como la susceptibilidad del suelo a ser erosionado, las condiciones en toda la zona pueden variar; así, por ejemplo, algunos se erosionan más rápidamente que otros aun cuando las pendientes, lluvia, cobertura y prácticas de manejo sean las mismas, debido a las propiedades intrínsecas del suelo. Los suelos altos en limo o arena muy fina erosionan más rápidamente.

La erodabilidad disminuye a medida que el contenido de partículas de arcilla y arena (excluyendo arena muy fina) aumenta, situación que se ve incrementada con la ausencia de cobertura vegetal. Es así que para la zona de San Francisco se consideró que los suelos formados sobre los llamados Volcánicos Indiferenciados son los más erosionables por la textura de los mismos y ausencia de cobertura vegetal permanente. A los suelos de Cangahua (según las calicatas limos con una pequeña porción de areno -limosos), presenta menores valores de erodabilidad por la textura y mayor cobertura de vegetación (bosque andino seco o bosque de protección ecológica).

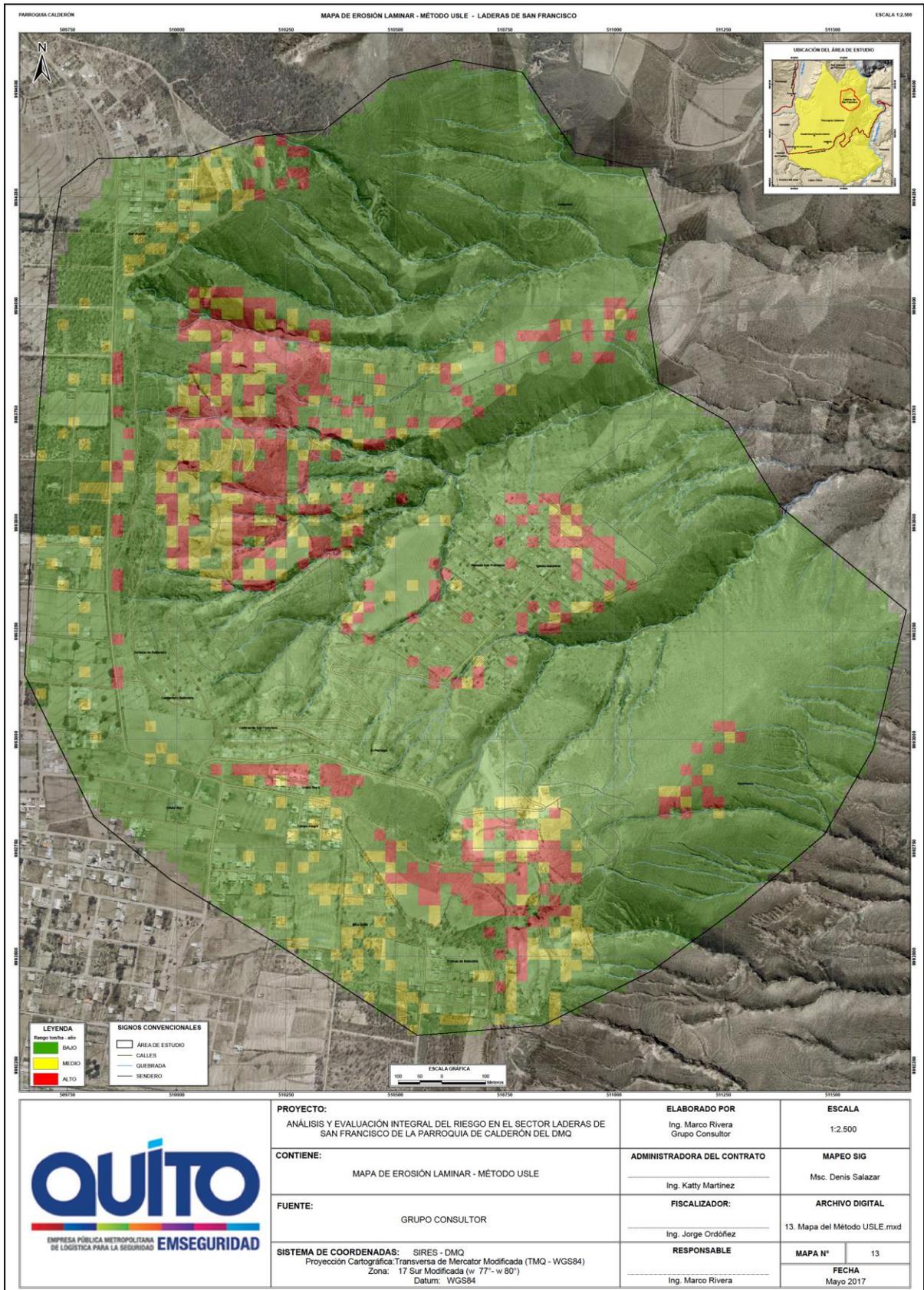


Figura Nº 7.10. Erosión del Suelo – Método USLE

7.4.4 Aplicación 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 varios factores del medio físico que influyen en el proceso de erosión como son: el poder erosivo de la lluvia; susceptibilidad de suelos a la erosión según permeabilidad y estado de meteorización de la roca madre; el relieve en términos de pendiente y longitud de la pendiente y la cobertura vegetal (Santos & Castro, 2012).

La erosión por surcos ocurre cuando por pequeñas irregularidades del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para hacer cortes y formar canalículos que se presenta en la superficie. En estos surcos la energía del agua en movimiento adquiere cada vez, una fuerza mayor capaz de desprender y transportar partículas de suelo. Este proceso se ve acelerado según las condiciones del medio y es mucho más activo cuando se presentan suelos desnudos y texturas finas, es decir suelos arcillosos y limosos. Pero también se presenta en forma más violenta en suelos con texturas moderadamente gruesas; esto ocurre en suelos de origen volcánico por su capacidad de hidratarse en más del 100% sumando la pendiente y las condiciones de suelos desnudos generan erosión en surcos con mayor facilidad. (Santos & Castro, 2012).

La finalidad de estimar la erosión por este método es para tener un punto de comparación con los resultados obtenidos por el método USLE y evaluar la variabilidad de los resultados obtenidos.

La fórmula del método STEHLIK es:

$$T = D * G * P * S * L * O$$

Donde,

T = Tasa de erosión (mm/año)

D = Factor Climático

G = Factor Petrológico

P = Factor Susceptibilidad del suelo a la erosión

S = Factor Pendiente

L = Factor Longitud de la pendiente

O = Factor efecto protector de la cobertura vegetal

Para la aplicación del método en el sector de estudio, se utilizará los valores tabulados en el estudio de Santos y Castro; 2012, “Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los Andes Ecuatorianos”, por ser desarrollado en un área del Ecuador (región Sierra).

Factor climático (D).- Se utilizó la fórmula de Zarch (1982), la cual permite estimar el término **D**, considerando la precipitación media anual (**R**), por medio de la expresión:

$$D = 0.0014R - 0.38$$

Se consideraron los datos de las Estaciones Calderón (M345) y Calderón (P20) que se ubican dentro de la Parroquia Calderón. Los resultados de aplicar las ecuaciones son presentados en la Tabla N° 7.9:

ESTACIÓN	CALDERÓN	CALDERÓN
CÓDIGO	P20	M345
ENERO	40,805	51,153
FEBRERO	49,125	57,160
MARZO	91,505	74,707
ABRIL	98,007	80,772
MAYO	40,317	51,038
JUNIO	21,366	18,102
JULIO	15,426	11,350
AGOSTO	8,839	4,843
SEPTIEMBRE	25,245	30,893
OCTUBRE	50,722	59,836
NOVIEMBRE	30,791	50,917
DICIEMBRE	46,330	51,893
TOTAL	518,479	542,662
FACTOR D	0,346	0,380

Tabla N° 7.9.- Valores de Precipitación y Factor D, para la zona de estudio
Fuente: INAMHI

Factor petrológico (G).- Establecido en función de la permeabilidad y estado de meteorización de la roca madre; para el área de estudio se obtuvo los siguientes valores (Tabla N° 7.10).

Permeabilidad de la roca	Textura de suelos	Factor G
Baja (Arcilloso)	Fina	1.5-1.3
Mediana	Areno-Limosa	1.3-1.1
Moderada	Limo-Arenoso	1.1-0.9
Alta (Arenoso)	Arena Gruesa-Pedrusco	0.9-0.7

Tabla Nº 7.10.-Valores tabulados referenciales para el Factor G en función de permeabilidad y meteorización de la roca madre
Fuente: (Santos y Castro; 2012)

A continuación se presenta la Tabla Nº 7.11, con los valores del factor **G** considerados para la zona de estudio, en función al Mapa Geológico de la zona y observaciones de campo.

Descripción	Formación	FACTOR G
Volcánicos asociados a la actividad del Mojanda y Fuya Fuya, incluye un nivel de Debris avalancha, pero existen muchos niveles deleznales	Volcánicos Mojanda/Fuya-Fuya	0,9
Niveles de cenizas - lapilli de fuente desconocida, directamente bajo la Formación Cangahua	Volcánicos Indiferenciados	0,8
Arenas y limos de origen volcánico	Cangahua	1,0
Escombros y pilas de materiales de relleno, sin compactación	Coluvial Reciente - Escombros	0,9
Niveles de arenas y lahares de la Fm. San Miguel, ambiente deltaico, aporte de andesitas y dacitas, en parte deleznales	Formación San Miguel (Aluvial)	1,2

Tabla Nº 7.11.-Tabla del Factor G, Método STEHLIK

Factor susceptibilidad del suelo a la erosión (P).- Con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, Tabla Nº 7.12:

Tipo de suelo	Contenido de arcilla <0,01 mm. %	Contenido de humus		
		<2%	2-3%	>3%
Arenoso	<10	1,4	1,1	1
Limo arcilloso a arenoso limoso	10-30	1,5	1,25	1
Limoso	30-45	1,25	1	0,8
ArcilloLimoso	45-60	1,4	1,15	0,9
Arcilloso	>60	1,5	1,25	1

Tabla Nº 7.12.-Valores tabulados referenciales para el Factor P, en función de textura y contenido de materia orgánica del suelo

Fuente: (Santos y Castro; 2012)

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.

En la siguiente Tabla Nº 7.13, se presenta la determinación del factor P para la zona del proyecto.

Descripción	Formación	FACTOR P
Volcánicos asociados a la actividad del Mojanda y Fuya Fuya, incluye un nivel de Debris avalancha, pero existen muchos niveles delezables	Volcánicos Mojanda/Fuya-Fuya	1,40
Niveles de cenizas - lapilli de fuente desconocida, directamente bajo la Formación Cangahua	Volcánicos Indiferenciados	1,40
Arenas y limos de origen volcánico	Cangahua	1,25
Escombros y pilas de materiales de relleno, sin compactación	Coluvial Reciente - Escombros	1,40
Niveles de arenas y lahares de la Fm. San Miguel, ambiente deltaico, aporte de andesitas y dacitas, en parte delezables	Formación San Miguel (Aluvial)	1,50

Tabla Nº 7.13.-Tabla del Factor P, Método Stehlik

Factor pendiente (S) y Longitud de la pendiente (L).- Se utilizaron los rasters obtenidos para el Método USLE, es decir el procedimiento para su representación es el mismo antes descrito.

El método STEHLIK, permite ponderar a los valores de pendiente de acuerdo a la Tabla N° 7.14:

Pendiente %	5	7	9	12	15	20	30	40	50
Factor S	0.35	0.65	1.0	1.45	2.0	3.0	5.35	8.61	12.02

Tabla N° 7.14.-Valores tabulados referenciales para el Factor S, en función de la pendiente en porcentaje
Fuente: (Santos y Castro; 2012)

Para la zona del proyecto se estableció el mismo criterio de clasificación de pendiente para la asignación del Factor S, otorgando 12,02 a las pendientes mayores al 50%.

Factor efecto protector de la cobertura vegetal (O).- El término O es producto de varios subfactores, que pueden evaluarse en forma independiente para cada tipo de situación. Se consideran las condiciones específicas para los terrenos; según el tipo de manejo y labranza; o para áreas totalmente desprotegidas o protegidas con vegetación permanente continua y discontinua. Se puede obtener su valor de la siguiente Tabla N° 7.15:

Porcentaje de la cobertura, %	100	95	90	80	70	60	50	40	20	0
Factor O	0.2	0.25	0.3	0.4	1.0	1.22	2.0	2.5	3.2	4.0

Tabla N° 7.15.-Valores tabulados para el Factor O, en función de la cobertura vegetal
Fuente: (Santos y Castro; 2012)

Así, para la zona del proyecto se utilizó el uso del suelo y se hizo un análisis en relación al porcentaje de cobertura de cada uno, de acuerdo a las visitas de campo y el análisis de imágenes de Google Earth (Tabla N° 7.16).

Uso Vigente	Área (m ²)	Factor O
Bosque Andino Seco (Zona de Protección Ecológica)	1586225	1
Residencial 1	554227	3
Agrícola - Cultivos ciclo corto	20113	3,2
Canteras activas y abandonadas	177737	4
Agrícola - Cultivos ciclo corto	122157	3,2
Agrícola - Cultivos ciclo corto	65873	3,2
Agrícola – Residencial	324978	0,4
Agrícola - Cultivos ciclo corto	47932	3,2
Agrícola - Cultivos ciclo corto	51221	3,2

Uso Vigente	Área (m ²)	Factor O
Agrícola - Cultivos ciclo corto	70301	3,2
Canteras activas y abandonadas	41984	4
Canteras activas y abandonadas	43702	4
Agrícola - Cultivos ciclo corto	34379	3,2

Tabla N° 7.16.-Valores del Factor O, en función de la cobertura vegetal para la zona del proyecto

Resultados Método STEHLIK

El método STEHLIK arrojó los siguientes resultados de erosión en la zona de Laderas – Planada de San Francisco (Figura N° 7.11):

- Los rangos de variación de erosión son de 0,004 a 36 mm/año, los valores más altos (Susceptibilidad Alta), está en las zonas de pendientes hacia los cauces de las quebradas del sector y zonas donde están presentes los volcánicos asociados al Mojanda o Fuya Fuya; y la Formación San Miguel, donde se conjuga además el uso del suelo, como son las canteras (suelos descubiertos) y cultivos de ciclo corto no permanentes y pendientes mayores al 30%.
- 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), considerado como zona de Protección Ecológica, con un porcentaje de cobertura vegetal del 70%.
- Susceptibilidad Baja (0,004-7,095 mm/año), están las zonas con uso de suelo residencial, donde la erosión se da en las pequeñas parcelas de los predios donde se tienen uso residencial – Agrícola, junto con pendientes entre el 0 al 10% y suelos arenoso limosos (Cangahua).

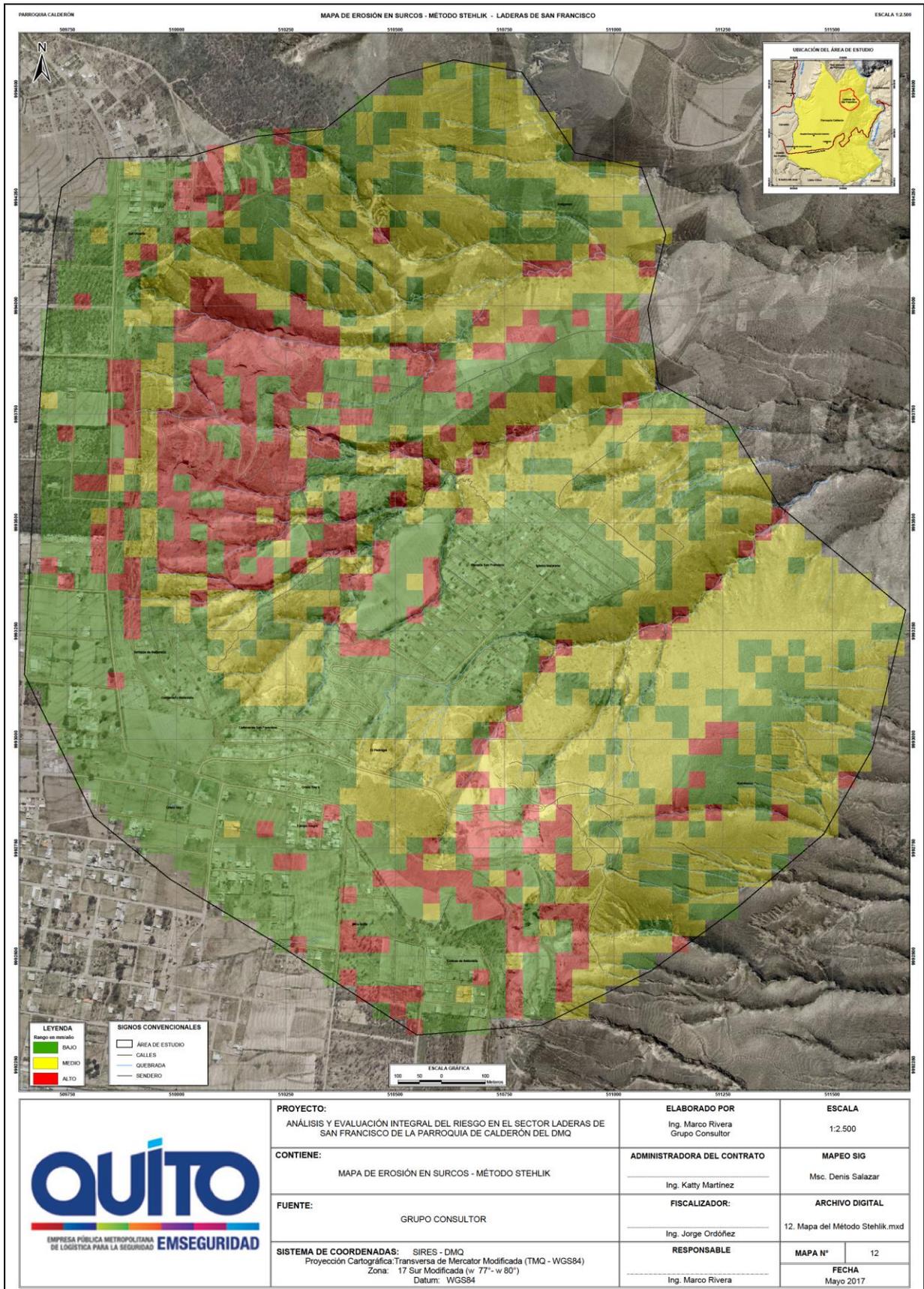


Figura Nº 7.11. Erosión del suelo – Método STEHLIK

7.4.5 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 de la zona de estudio, esto es porque en el método STEHLIK se puede ponderar de mejor manera al permitir ingresar al modelo rangos de importancia de acuerdo al porcentaje de cobertura vegetal observada en el sitio; mientras que, USLE se agrega un valor general de acuerdo al uso del suelo general del sitio o polígono caracterizado. Otra variable para caracterizar mejor a la zona es que STEHLIK usa el factor Petrológico que está en función de la meteorización de la roca madre con el cual se puede hacer una mejor diferenciación o tener más indicios de la permeabilidad y textura de suelos.

Hay que considerar que, el método USLE caracteriza la erosión laminar (generada por la cinética de la gota de lluvia), la misma que va ser mayor en suelos descubiertos o desprotegidos de vegetación. Mientras que STEHLIK caracteriza la erosión dada en microsurcos o surcos, mismo que están más influenciados con las pendientes y por la facilidad de erodabilidad de los suelos.

Es notorio que para la Zona de San Francisco con los dos métodos se obtienen zonas marcadas susceptibles a la erosión, lo cual es visible y contrastado con la realidad existente.

En este sentido sería importante tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Para afinar los modelos de tasas de erosión del sector Laderas de San Francisco se deben realizar estudios puntuales como de contenido de materia orgánica, y clases texturales de suelos en más sitios, para de esta manera afinar los datos ponderados del factor K.
- Como no existen estaciones climatológicas o pluviográficas dentro de la zona de estudio, se podrían hacer pruebas con simuladores de lluvia para obtener valores dentro de la zona del proyecto.
- Realizar un levantamiento más a detalle de los diferentes usos del suelo.

7.5 AMENAZA ANTRÓPICAS – INCENDIOS FORESTALES/BOTADEROS DE ESCOMBROS

Un incendio forestal es el fuego que se extiende sin control en terreno forestal y afectando a combustibles vegetales. También puede definirse como las llamas que se expanden sin control sobre especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, siempre que no sean características del cultivo agrícola o fueren objeto del mismo y que no tengan calificación de terrenos urbanos, afectando esta vegetación que no estaba destinada para la quema.

7.5.1 Incendios Forestales

Debido a que los incendios forestales son eventos generados por la intervención humana con o sin intención, no se puede disponer un análisis de probabilidad de ocurrencia (Figura N° 7.12). Particularmente en Calderón se debe en su mayor parte a incendios forestales que se originan

por descuido, hogueras mal apagadas y las malas prácticas agrícolas, como la quema de arbustos para limpiar terrenos de cultivo.

Pero se puede 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, la mayor parte de la zona de Laderas de San Francisco tiene bosque seco – zona de protección ecológica (Foto N° 7.15), ello se aprecia también en la figura tomada del mismo estudio, donde se califica la amenaza como media-alta en esa zona. La Consultoría para formular los Planes de Gestión de Riesgos en las 33 parroquias rurales del Distrito Metropolitano de Quito tenía como objetivo contar con la información actualizada sobre los riesgos de origen natural y antrópico de la Parroquia Calderón, para generar herramientas que contribuyan con los procesos de elaboración del Plan de Reducción de Riesgos. Dentro de ello se hizo un diagnóstico de las amenazas antrópicas como Contaminación, Manejo de desechos sólidos e Incendios Forestales, se ha tomado la Figura 7.12 del mencionado trabajo.

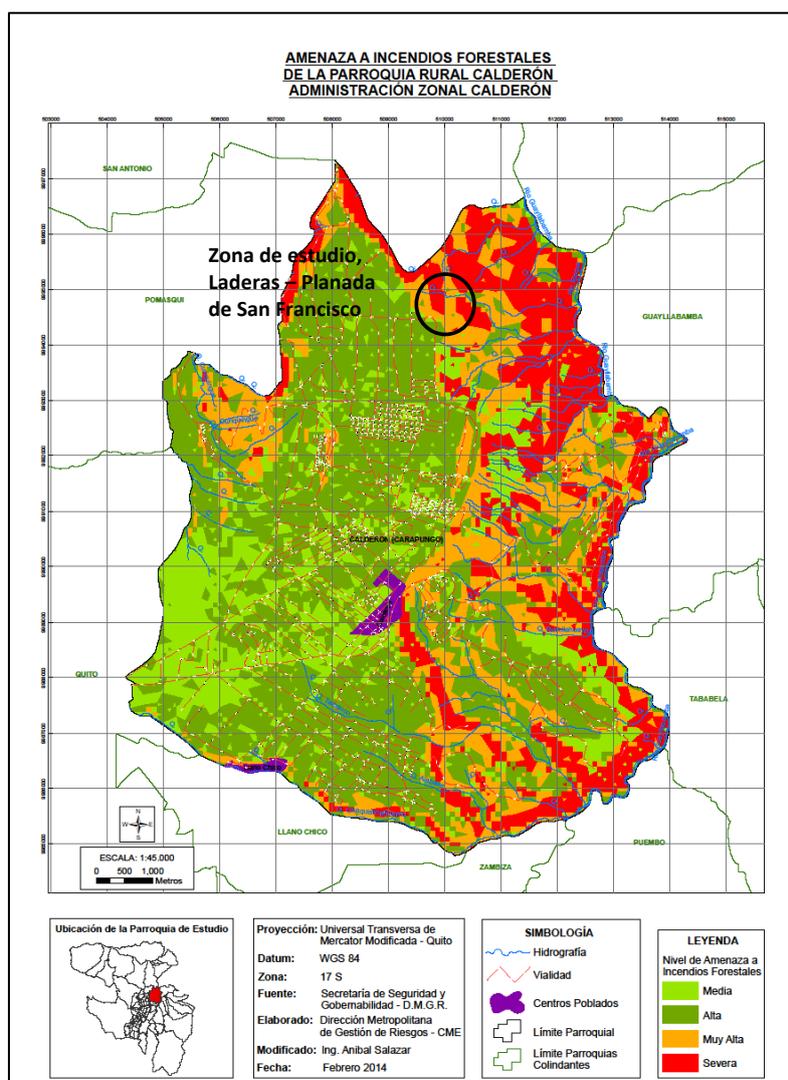


Figura N° 7.12. Mapa de amenaza por Incendios Forestales en Calderón (Salazar A, 2014).



Foto N° 7.15. Zona con matorrales en Laderas-Planada de San Francisco; se puede observar abundante vegetación seca que puede generar incendios forestales.

7.5.2 Botaderos de Escombros y Basura

En el diagnóstico ambiental se pudo detectar que la zona de Laderas-Planada de San Francisco tiene problemas de mal manejo de la basura y de botaderos de escombros no autorizados. Existen dos canteras ilegales que fueron abandonadas y no tuvieron un adecuado cierre de actividades y han dejado socavones muy profundos - pronunciados (Foto N° 7.16), en los cuales se han arrojado ilegalmente restos de construcciones y basura que pueden generar problemas de salud y flujos de lodo-escombros por el material suelto que se ha generado. También hay una deficiencia en el manejo de la basura y muchas veces no se coloca adecuadamente la misma para evitar que contaminen el ambiente y sean sitios de proliferación de enfermedades y ratas (Ver Capítulo VI).



Foto N° 7.16. Botadero de escombros clandestino, en la cantera abandonada cerca del Barrio Pedregal; los sedimentos sueltos pueden generar flujos de lodos-escombros en la parte baja.

7.6 ANÁLISIS CONSOLIDADO MULTIAMENAZA (RESUMEN)

En el diagnóstico de amenazas se ha determinado que existen varias que pueden materializarse en el área de Laderas-Planada de San Francisco, se efectuará un estudio de los resultados obtenidos y en base a los eventos acontecidos en los últimos 20 años se analizará la probabilidad de ocurrencia de los eventos.

Otro elemento que se consideró fue el grado de afectación que pueden tener los eventos en caso de ocurrir en la zona de estudio.

Probabilidad de Ocurrencia: En la Tabla N° 7.17 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° 7.17.- 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° 7.18).

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

Tabla 7.18.- Grado de pérdidas y afectación

Para el análisis de las amenazas se considerará:

Amenaza Volcánica – Caída de ceniza, Se puede esperar 1.0-2.0 mm de cenizas provenientes del Guagua Pichincha (aunque en caso de un evento grande tendríamos centímetros de ceniza), Reventador y Cotopaxi; afectaciones pequeñas en los techos, sin alcanzar los volúmenes necesarios para el colapso de los mismos. La Probabilidad de ocurrencia es media, (10-100 años) considerando los eventos de 1999 del Guagua Pichincha, 2002 del Reventador y aunque no afectó a la zona de estudio, la ceniza del Cotopaxi que llegó al sur de la ciudad.

Amenaza Sísmica, se consideran aceleraciones de 0.4 g para la zona de estudio; según las estimaciones de Beauval C, 2014. Pueden producirse eventos de Mw 6.0 con un período de recurrencia de 200-400 años; tenemos ejemplos de estos eventos en los sismos de Pomasqui (1990) y Catequilla (2014). Otra fuente sismogénica es la subducción de la placa de Nazca, la probabilidad de ocurrencia alrededor de 15-20 años (Bahía 1997 y, Pedernales 2016), la afectación puede ser media ya que las casas son de construcción ligera y no tienen gran vulnerabilidad ante sismos (Capítulo X).

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. Se hace el análisis para los barrios con alta susceptibilidad por el impacto que pudiera causar un deslizamiento. Como existen frecuentes colapsos y erosión intensa todos los años, se considera como una Alta probabilidad de que estos eventos continúen produciéndose.

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; se considera estas dos afectaciones antrópicas. Los incendios tienen alta probabilidad de ocurrencia (< 10 años) 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 ya que hay afectaciones en Colinas de Bellavista y Planada de San Francisco (flujos de escombros-detritos) 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° 7.19.- Resumen de las Amenazas en la zona del Proyecto Laderas de San Francisco

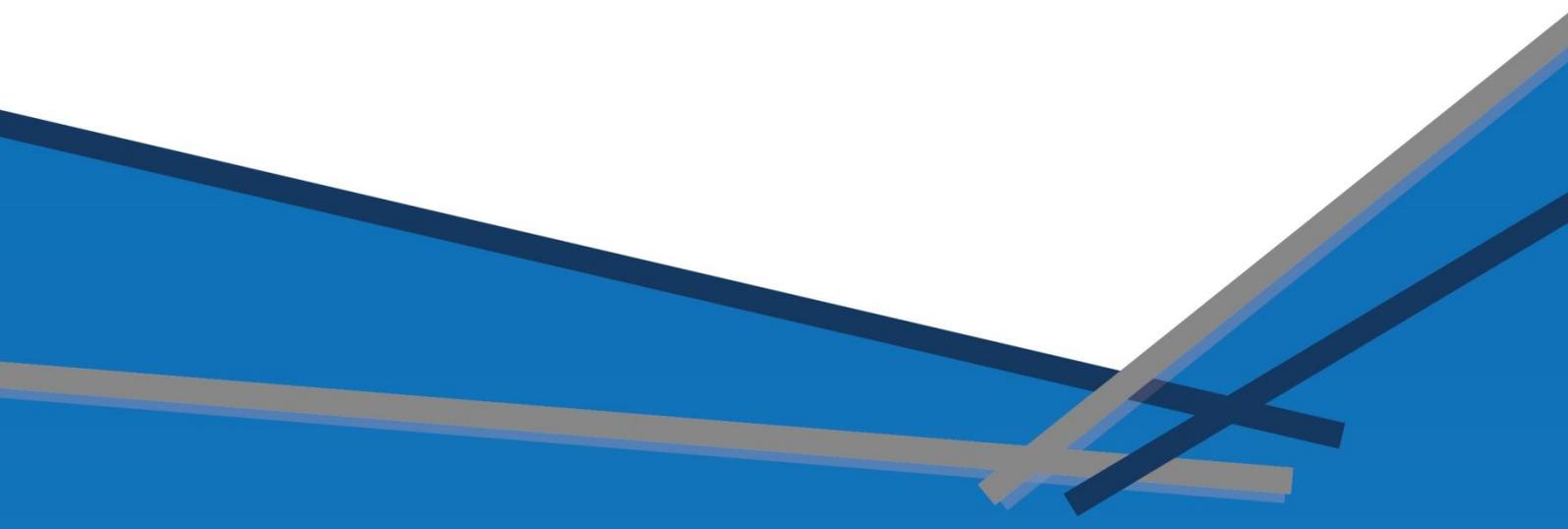
Del análisis de la probabilidad de ocurrencia y afectaciones, se puede hacer una valoración cualitativa general de la amenaza (considerando probabilidad de ocurrencia y afectaciones); vemos que la mayor amenaza es por Inestabilidad de Terrenos, por ello el estudio de la misma se hará en detalle analizando la Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos en toda el área de estudio (Capítulo VIII); estudios de la estabilidad de taludes mediante el cálculo del Factor de Seguridad en varios perfiles (Capítulo IX) y evaluación de riesgos y escenarios de riesgos en las zonas de mayor susceptibilidad (Capítulo XI).

Para los eventos antrópicos se plantean medidas de intervención en el Volumen III del informe, para realizar los estudios necesarios para el cierre técnico de las canteras abandonadas.

Para la amenaza sísmica se hace una valoración de la vulnerabilidad de las viviendas y obras de infraestructura en el Capítulo X.

No se consideran medidas para la amenaza volcánica (caída de cenizas) y escorrentía superficial debido al bajo impacto de las mismas en la población y obras de infraestructura de la zona.

CAPÍTULO VIII



**ZONIFICACIÓN DE LA
AMENAZA - SUSCEPTIBILIDAD POR
INESTABILIDAD DE TERRENOS**

CAPÍTULO VIII

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA - SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

Laderas-Planada de San Francisco se halla en el denominado Valle Interandino del Ecuador; en una zona de intensas precipitaciones, aunque ésta tiene menor cantidad de lluvias anuales. Geológicamente se halla sobre suelos volcánicos recientes (Cuaternarios) con un relieve variable que está asociado a deformación tectónica y fuertes procesos erosivos; sobre un antiguo deslizamiento rotacional, cuyos escarpes presentan alta inestabilidad.

En este Capítulo se realiza una revisión de ciertos conceptos generales de Fenómenos de Remoción en Masa (FRM), y los factores que se utilizarán para aplicar la metodología de Factores Ponderados para determinar el grado de amenaza – susceptibilidad por Terrenos Inestables en la zona de estudio. Se ha elegido esta metodología por que se ajusta mejor a un área pequeña de trabajo donde no tendremos variación de factores como las intensidades máximas sísmicas esperadas, intensidad de precipitaciones y rango de lluvias es igual en todas las 315 hectáreas del área de intervención del proyecto.

8.1 CLASIFICACIÓN DE FRM

En la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenazas por Fenómenos de Remoción en Masa (INGEOMINAS – Ojeda et al, 2001); se ha definido a estos eventos como todo movimiento ladera abajo de suelos y rocas debido a la fuerza de la gravedad, incluyendo dentro de ellos los flujos (de lodo y escombros) a lo largo de los cauces. Estos movimientos pueden ser lentos, rápidos o extremadamente rápidos; por ello pueden ser muy destructivos cuando alcanzan altas velocidades (0.05 – 5 m/s).

Existen numerosas clasificaciones para los distintos tipos de eventos de Remoción en Masa, las cuales han sido proporcionadas, entre otros, por Varnes D.J, 1978 y Cruden D.M & Varnes D.J, 1996. Los movimientos de terrenos han sido divididos por estos autores en las siguientes categorías principales:

- Desprendimientos o caídas
- *Toppling* o volcamientos
- Reptaciones - Extensiones laterales
- Deslizamientos (rotacionales y traslacionales)
- Flujos
- Movimientos Complejos

Estas clasificaciones consideran diversos parámetros, como los tipos de materiales involucrados (suelo o roca), el mecanismo de ruptura, el grado de saturación que alcanza. Son frecuentes además, los procesos combinados, como por ejemplo deslizamientos que derivan en flujos de lodos y escombros, o movimientos combinados de colapsos y deslizamientos

rotacionales. Suárez J, 1998. En la zona de estudio tenemos varias clases de eventos, como desprendimientos-caídas, deslizamientos, flujos y movimientos complejos; no observamos movimientos de terrenos como Toppling y Reptaciones (extensiones laterales).

a) Desprendimientos o Caídas

En este tipo de movimientos, una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual no ocurre ninguno o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando. (Figuras N° 8.1 y Foto N° 8.1).

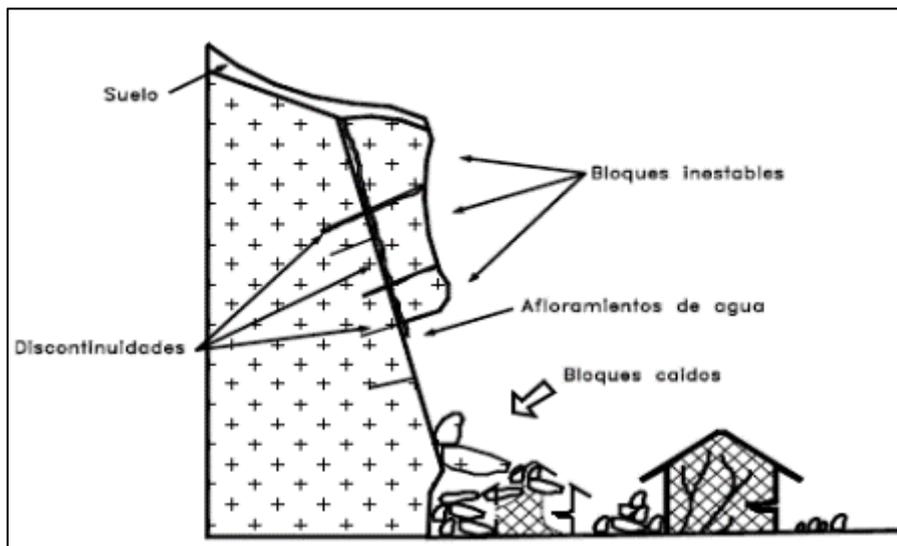


Figura N° 8.1. Caída de bloques por gravedad en roca fracturada. Suárez J, 1998.



Foto N° 8.1. Caída de bloques en la el acceso a la cantera abandonada

Las “caídas de roca” corresponden a bloques de roca relativamente sana, las caídas de residuos o flujo de detritos están compuestos por fragmentos de materiales pétreos y las caídas de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas.

No se han catalogado movimientos como Toppling debido a que no tenemos formaciones de roca en la zona, son volcans sedimentos en su mayor parte deleznable que generan más bien desprendimientos y caídas de roca.

b) Deslizamientos (Rotacionales – Traslacionales)

Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada (Figura N° 8.2). El movimiento puede ser progresivo, es decir, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla (zona de debilidad).

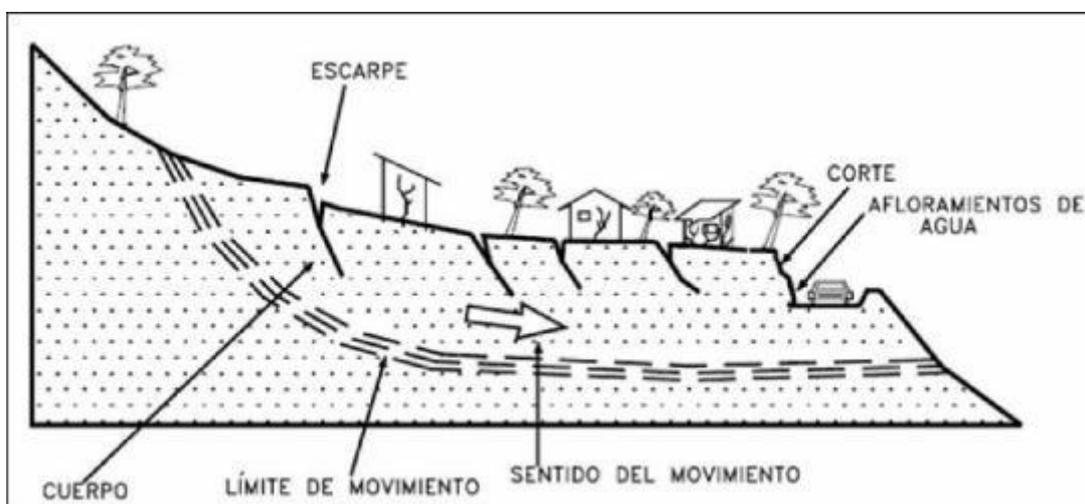


Figura N° 8.2. Deslizamiento en suelos blandos. Suárez J, 1998.

Los deslizamientos pueden ser de una sola masa que se mueve o comprender varias unidades, o masas semi-independientes; pueden originarse por procesos naturales o por la desestabilización del terreno debido al efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

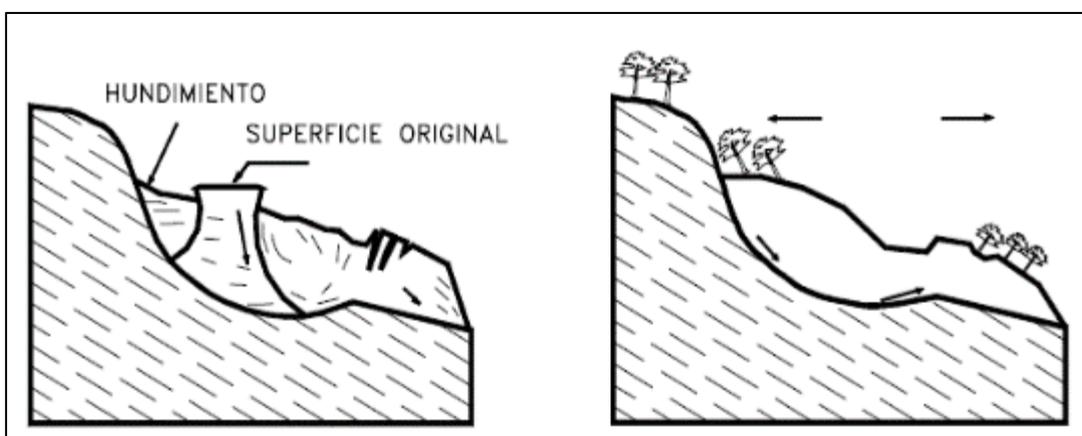
Los deslizamientos se pueden a su vez dividir en dos subtipos denominados deslizamientos rotacionales y traslacionales – planares; la diferenciación es importante para definir el sistema de análisis y estabilización a emplearse. Suárez J, 1998.

Deslizamiento Rotacional

En este movimiento la superficie de falla es curva, y su centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento (Figura N° 8.3 y Foto N° 8.2). Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento que produce un área superior de hundimiento y otra inferior de empuje. Suárez J, 1998.

Este tipo de deslizamiento genera la morfología de Laderas de San Francisco (LSF), aunque como se mencionó en la sección de geología aparentemente este movimiento es antiguo y anterior-contemporáneo a la depositación de la Fm. Cangahua.

Generalmente, el escarpe debajo de la corona tiende a ser semi-vertical con muy poca rotación, lo que facilita la ocurrencia de movimientos regresivos (la superficie original del terreno gira en dirección de la corona del talud, aunque otros bloques pueden girar en la dirección opuesta); también se forman escarpes secundarios y ocasionalmente ocurren otros deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes. El movimiento es curvilíneo, lo cual es común en materiales residuales donde la resistencia al corte de éstos aumenta con la profundidad. Cruden D.M & Varnes D.J, 1996.



Movimiento de las masas de Tierra

Orientación de los árboles

Figura Nº 8.3. Deslizamiento rotacional idealizado. Suárez J, 1998.



Foto Nº 8.2. Deslizamiento Rotacional de Laderas de San Francisco (LSF), se observa como hay una acumulación de material al pie del deslizamiento en Planada de San Francisco

Deslizamiento Traslacional

En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie de discontinuidad entre rocas más o menos planas o ligeramente onduladas. (Cruden D.M & Varnes D.J, 1996). Tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo (Figura N° 8.3). Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y cambios de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones.

c) Flujos

En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos (Figura N° 8.4), así como secos o húmedos y compuestos de roca, de detritos o de suelo o tierra.

Los flujos extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura. (Suárez J, 1998).

La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales; algunos suelos absorben agua fácilmente si están alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicial y esta saturación conduce a la formación de un flujo.

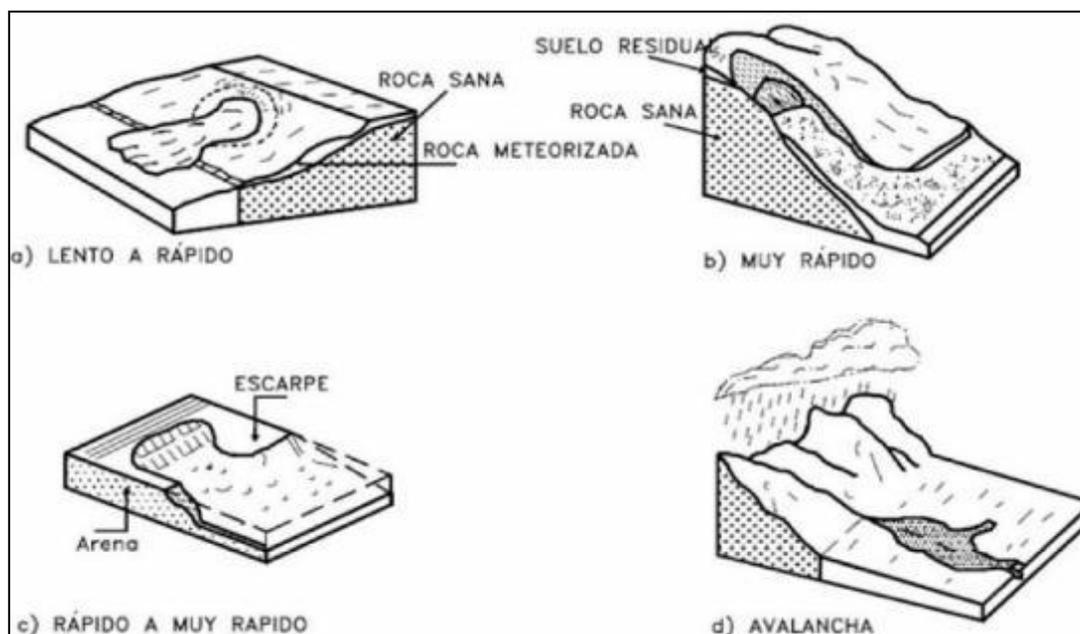


Figura N° 8.4. Flujos de diferentes velocidades (Suárez J, 1998).

Flujo de Roca

Los movimientos de flujo en roca comprenden las deformaciones que se distribuyen a lo largo de varias fracturas (grandes y pequeñas). Este tipo de movimiento ocurre en zonas tropicales de alta montaña y poca vegetación, especialmente en la cordillera de los Andes. Se observa una relación de estos flujos con perfiles de meteorización poco profundos en los cuales las fallas están generalmente relacionadas con cambios de esfuerzos y lixiviación, debidas a la infiltración momentánea del agua después de una lluvia fuerte. Las pendientes de estos taludes son comúnmente empinadas (más de 45°). Estos flujos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad tiende a ser rápida a muy rápida.)Suárez J, 1998).

Flujo de Residuos (Detritos)

Generalmente un flujo de rocas termina en un flujo de residuos (Foto N° 8.3); los materiales se van triturando por el mismo proceso de flujo y se puede observar una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento. (Suárez J, 1998).

El movimiento de los flujos de detritos puede ser disparado por lluvias intensas, debido a la pérdida de resistencia y cohesión del suelo por la disminución de la succión al saturarse el material y/o por el desarrollo de fuerzas internas originadas en el movimiento del agua intersticial. (Ojeda et al, 2001).



Foto N° 8.3. Flujo de detritos en la microcuenca del Río Ulba. (Tungurahua). Ilustración

Movimientos Complejos

Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más tipos de movimientos; a éstos se les denomina “Complejos”. Adicionalmente, un tipo de FRM puede convertirse en otro a medida que progresa la desintegración; es así como un deslizamiento puede terminar como un flujo de escombros.

Un ejemplo son los Colapsos de roca clasificados como deslizamientos, sin embargo no son ni rotacionales ni traslacionales (Foto N° 8.4). Se requiere desarrollar deformación interna para que ocurra un deslizamiento y por tanto se desintegran rápidamente tan pronto como el movimiento se inicia. (PMA-GCA, 2004).



Foto N° 8.4. Colapso de talud en LSF, se ve cómo se han combinado colapsos y caídas de materiales en una de las vías de acceso al barrio

8.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE FRM

La generación y amenaza por Movimientos de Terrenos Inestables depende de varios factores, que se pueden dividir en elementos condicionantes (que predisponen la formación de movimientos de terrenos) y elementos detonantes (que disparan los FRM). Los factores condicionantes son la litología, la pendiente, uso del suelo y presencia de FRM; los factores detonantes son la presencia de agua (lluvias y/o aguas hipodérmicas) y la sismicidad o fallas activas – deformación tectónica.

Describiremos a continuación estos factores y cómo influyen en la generación de Fenómenos de Remoción en Masa:

Pendiente.

Las zonas de pendiente media (20° - 45°), se vuelven potencialmente inestables dependiendo del tipo de roca, pueden generarse colapsos, deslizamientos y/o intensos procesos de erosión, además las obras de infraestructura tales como caminos vecinales, canales de riego, represas, etc.; se vuelven más complejas de realizarse. (Foto N° 8.5). En pendientes mayores en cambio es común ver procesos como caída de bloques.



Foto N° 8.5. Cantera San Rafael I, se observa que por la pendiente fuerte se incrementa la amenaza por colapsos y caída de bloques

Litología.

Es un factor condicionante importante, por ejemplo las rocas compactas como lavas, tobas soldadas, cuarcitas son menos susceptibles de sufrir procesos de inestabilidad y erosión, que los depósitos sedimentarios poco consolidados como areniscas, cenizas y limolitas, los cuales tienen menor resistencia al corte, además al ser fácilmente erosionables pueden generar flujos de lodo.

En la zona de estudio, existen depósitos volcánicos como niveles de lapilli y arenas volcánicas muy deleznales; en cambio existen niveles como la Avalancha de Escombros Volcánicos (Debris Avalancha del Fuya Fuya) que es muy consolidada y resistente a la erosión.

Deformación Tectónica.

Aumenta la inestabilidad de la pendiente por el fracturamiento de las rocas y generación de sismos, por ello las zonas donde existen fallas activas o el cruce de dos sistemas de diaclasas son áreas potencialmente inestables. Adicionalmente un sismo puede actuar como detonante de los FRM como ocurrió en el sismo del Oriente en 1987 o de Catequilla 2014.

En regiones afectadas por intensos procesos tectónicos, como la ciudad de Quito la deformación tectónica puede ser “dúctil” (Falla de Quito), formando plegamientos (Foto N° 8.6) y modificando el relieve; o puede ser “frágil” generando un intenso fracturamiento en formaciones rocosas, que favorecen la generación de movimientos en masa.



Foto N° 8.6. Levantamiento de Calderón, flexura originada por el movimiento de la Falla inversa de Quito (Sector de Mira Quito y Colinas de Bellavista)

Uso del Suelo - Actividad Humana.

La explosión demográfica a nivel mundial ha ocasionado una fuerte presión por el uso de los recursos, así la construcción de acueductos, explotación de canteras, desbanques anti-técnicos, apertura de carreteras, caminos vecinales, mal uso del suelo, entre otros, son elementos adicionales que incrementan el peligro de inestabilidad de terrenos. Brunori F, et al, 1.996. En el país la deforestación para utilizar en cultivos de ciclo corto y pastizales, contribuye a la inestabilidad, principalmente cuando se ha cortado el bosque primario.

Factores hidrológicos.

Las continuas e intensas precipitaciones que se producen durante los eventos “El Niño” y temporadas de lluvias pueden generar deslizamientos y colapsos. Esto se debe a que las lluvias saturan de agua al suelo, aumentando la presión intersticial y disminuyendo el esfuerzo efectivo, lo que disminuye la resistencia al corte del mismo, volviéndose plástico y susceptible de deslizarse sobre un plano de debilidad (grietas, fracturas, etc.); por ello un sistema de alerta temprana de FRM, debería incluir el monitoreo de las lluvias para saber cuándo se supera el límite de plasticidad en el suelo y se pueden generar deslizamientos.

Inestabilidad de Terrenos - FRM.

La presencia de Fenómenos de Remoción en Masa como deslizamientos activos, latentes o antiguos, escarpes, erosión fuerte y activa, entre otros; es un factor determinante para la generación de nuevos deslizamientos (Foto N° 8.7), así un deslizamiento y/o procesos erosivos intensos que ha comenzado difícilmente podrá detenerse.



Foto N° 8.7. Erosión y colapsos en el camino de acceso a Planada de San Francisco es difícil detener los procesos y las casas están amenazadas de caer por colapsos.

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

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad. Suárez J, 1998. La investigación puede realizarse sobre la base de:

- 1) La experiencia, por medio de la observación directa, se aprecia la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la pendiente, geología y uso del suelo entre otros.
- 2) Sistema teórico, donde se mapea el mayor número de factores que se considera que puedan producir deslizamientos, para luego analizar la posible contribución de cada uno de ellos.

8.3.1 Metodología de Factores Ponderados

El Mapa de Susceptibilidad es aquel que zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multi-variable entre los factores ponderados asignando pesos específicos a los mismos que generan la condición de inestabilidad y el Mapa de Inventario de Deslizamientos.

En el presente estudio se han tomado en cuenta ambos criterios, se ha trabajado con un equipo de expertos en mapeo de amenazas y también se ha utilizado cuatro factores ponderados para la realización del Mapa de Susceptibilidad por Movimiento de Terrenos Inestables; los factores considerados son: pendiente del terreno, geología simplificada – mapa litológico, cobertura vegetal y uso del suelo y finalmente estructuras – escarpes producto de la tectónica local y grandes deslizamientos antiguos. No se utilizan isoyetas – intensidades máximas de lluvia y aceleraciones máximas sísmicas esperadas debido a que es un área pequeña de 315 Ha, en la cual estos factores no presentan variaciones en todo el proyecto.

8.3.2 Pendiente

La pendiente es un reflejo directo de la estabilidad de los terrenos, así pendientes bajas (0° a $8,5^{\circ}$) son zonas estables donde prácticamente no se generan FRM (excepto reptación de suelos, expansión lateral); en cambio entre 25° y 40° se tiene gran cantidad de deslizamientos y pendientes mayores a 45° indican intensos y rápidos procesos erosivos que han dejado una gran inestabilidad de terrenos (Foto Nº 8.8), por caída de rocas y colapsos (Figura Nº 8.5.). En la Tabla Nº 8.1, están los pesos considerados para la pendiente.



Foto Nº 8.8. Barrio Terrazas de Bellavista en zona de pendiente alta con alta erosión, la zona plana con cultivos tiene baja susceptibilidad por Terrenos Inestable.

Pendiente en Grados	SP
00,0 – 10,0° (pendiente muy baja)	1
10,0 – 25,0° (pendiente baja)	2
25,0 – 35,0° (pendiente media)	3
35,0 – 50,0° (pendiente fuerte)	4
>50,1° (pendiente muy fuerte)	45

Tabla Nº 8.1. Susceptibilidad parcial por rangos de amenaza. Modificado Suárez J, 1998.

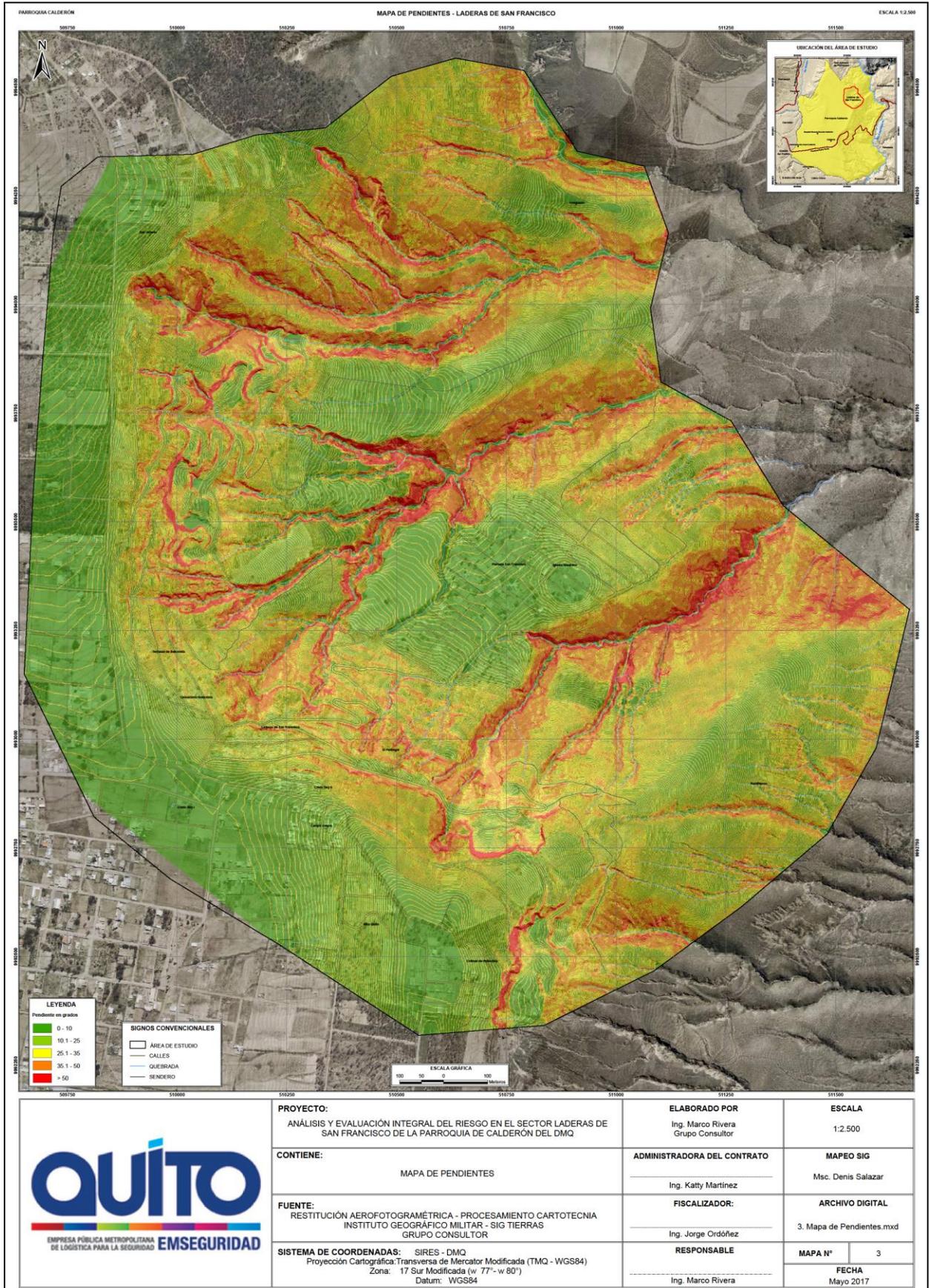


Figura N° 8.5. Mapa de Pendientes del Sector Laderas de San Francisco

8.3.3 Litología

Como ya se mencionó en el Capítulo IV, es un factor condicionante muy importante, en razón que las rocas tienen comportamientos distintos desde el punto de vista físico - mecánico; las rocas o depósitos granulares (volcánicos o sedimentarios) mal compactados son deleznales y fácilmente erosionables.

Para cuantificar el factor litología, se utilizó el Mapa Litológico, que se obtuvo a partir del análisis del Mapa Geomorfológico, las Tesis de Pacheco D, 2013 y Villagómez D, 2003., y la información obtenida en los trabajos de campo, con los cuales se identificaron los depósitos de Avalancha de Escombros (Debris Avalancha) del Fuya Fuya en la zona, cubiertos por depósitos de caída de lapilli y cenizas muy deleznales (Figura N° 8.6.).

Los pesos para cada unidad litológica se asignaron sobre la base de las observaciones de campo y en base a los ensayos de suelos. La unidad de roca más competente es la Fm. Cangahua al tope de la secuencia; en cambio los volcánicos Mojanda – Fuya Fuya son muy deleznales y cuando ellos afloran el terreno se vuelve muy inestable (Foto N° 8.9).



Foto N° 8.9. *Volcánicos del Mojanda – Fuya Fuya, muy deleznales; al tope está la Fm. Cangahua que es resistente a la erosión*

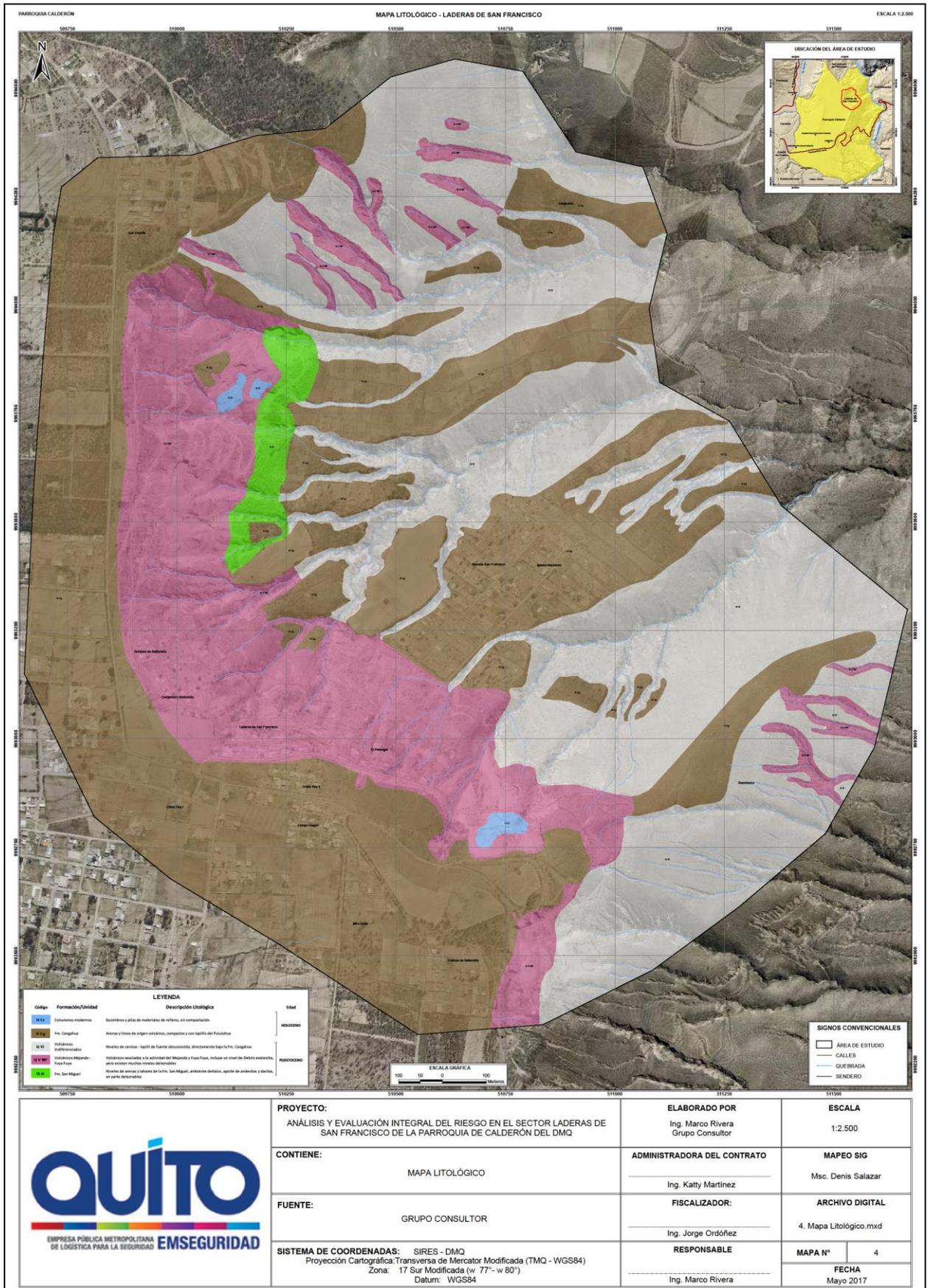
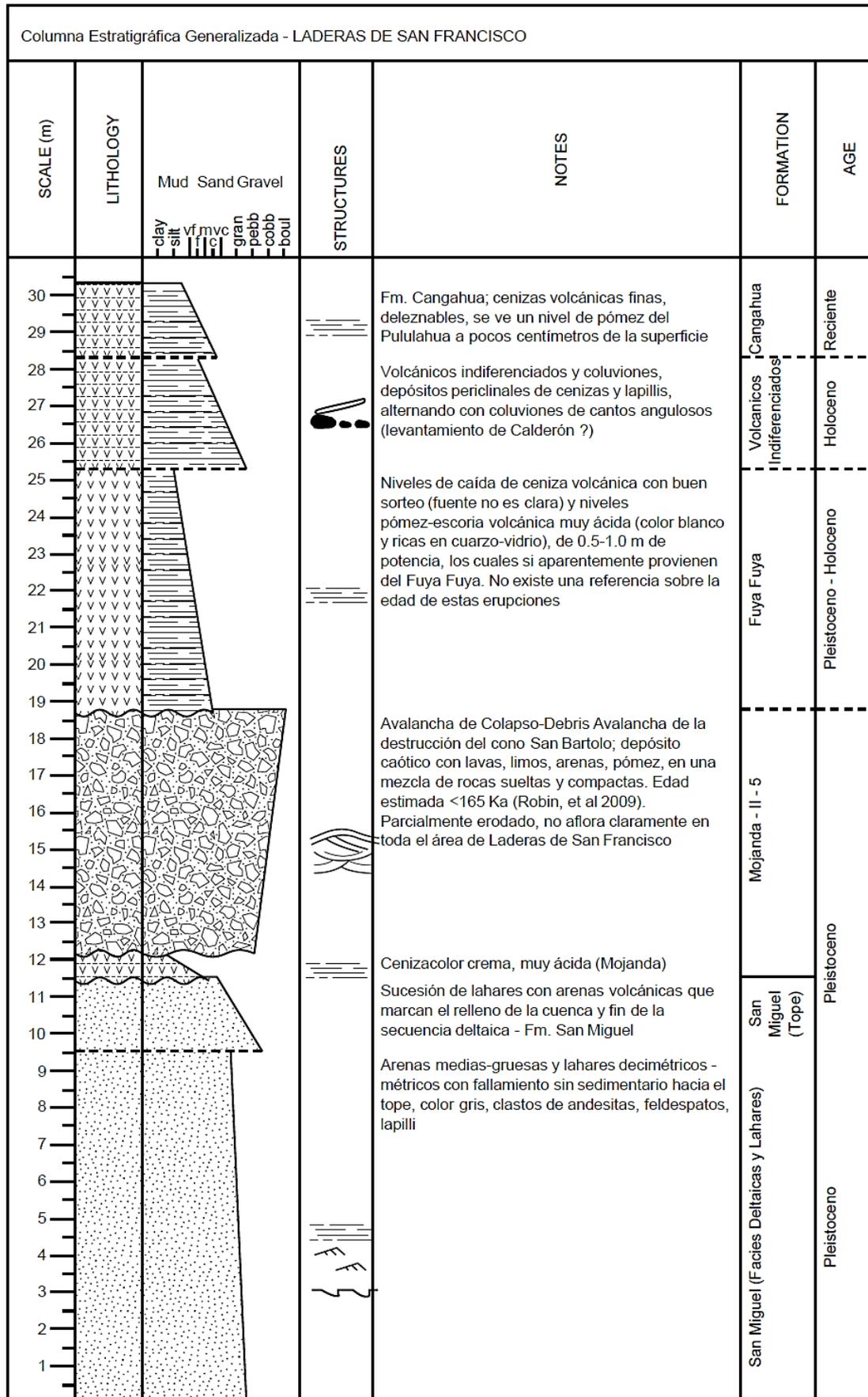


Figura N° 8.6. Mapa Litológico Simplificado del Sector Laderas de San Francisco



Leyenda del Mapa Litológico Simplificado

Código	Formación/Unidad	Descripción Litológica	Edad
H Cr	Coluviones modernos	Escombros y pilas de materiales de relleno, sin compactación	HOLOCENO
H Cg	Fm. Cangahua	Arenas y limos de origen volcánico, compactos y con lapillis del Pululahua	
Q vi	Volcánicos Indiferenciados	Niveles de cenizas - lapilli de fuente desconocida, directamente bajo la Fm. Cangahua	PLEISTOCENO
Q v MF	Volcánicos Mojanda - Fuya Fuya	Volcánicos asociados a la actividad del Mojanda y Fuya Fuya, incluye un nivel de Debris avalancha, pero existen muchos niveles deleznales	
Q ai	Fm. San Miguel	Niveles de arenas y lahares de la Fm. San Miguel, ambiente deltaico, aporte de andesitas y dacitas, en parte deleznales	

Los valores de susceptibilidad parcial asignados para las diferentes unidades morfo-litológicas se muestran en la Tabla N° 8.2.

FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	SP
Coluviones recientes - escombros	Escombros y pilas de materiales de relleno, sin compactación	4
Cangahua	Arenas y limos de origen volcánico, compactos y con lapillis del Pululahua	1
Volcánicos Indiferenciados	Niveles de cenizas - lapilli de fuente desconocida, directamente bajo la Fm. Cangahua	3
Volcánicos Mojanda-Fuya Fuya	Volcánicos asociados a la actividad del Mojanda y Fuya Fuya, incluye un nivel de Debris Avalancha, pero existen muchos niveles deleznales	5
Fm. San Miguel	Niveles de arenas y lahares de la Fm. San Miguel, ambiente deltaico, aporte de andesitas y dacitas, en parte deleznales	2

Tabla N° 8.2. Susceptibilidad parcial por litologías

8.3.4 Cobertura Vegetal - Uso del Suelo

El Mapa de Cobertura y Uso del Suelo se generó en base a la Geomorfología, imágenes de Google Earth y trabajos de campo donde se verificó el uso que tiene el suelo. En la Figura N° 8.7 se presenta el mapa generado.

La urbanización de zonas de alta pendiente (Foto N° 8.10), contribuye a la inestabilidad de los terrenos ya que se hacen cortes que desestabilizan los taludes y generan mayor susceptibilidad por Terrenos Inestables en la zona de estudio.

También actividades como minería informal, botaderos de escombros y apertura de caminos en zonas de pendientes mayores a 25°, puede generar procesos de erosión intensa, flujos de escombros y deslizamientos.

La zona también tiene el bosque seco andino que ha sido declarado por el Ministerio del Ambiente y por el Distrito Metropolitano como zona de Protección Ambiental de las laderas del río Guayllabamba, donde es posible encontrar animales silvestres y plantas nativas como orquídeas, pencas, etc.

Se agruparon los distintos tipos de uso del suelo a los cuales se asignó las susceptibilidades parciales de la siguiente manera, Tabla N° 8.3.



Foto N° 8.10. Barrio Pedregal, se nota la inestabilidad de los Taludes que no tienen un ángulo de reposo adecuado

USO del SUELO	SP
Bosque Andino Seco (Zona de Protección Ecológica)	1
Agrícola - Cultivos ciclo corto	2
Residencial 1	3
Agrícola - Urbano	4
Canteras Activas y Abandonadas	5

Tabla N° 8.3. Susceptibilidad parcial por Uso del suelo

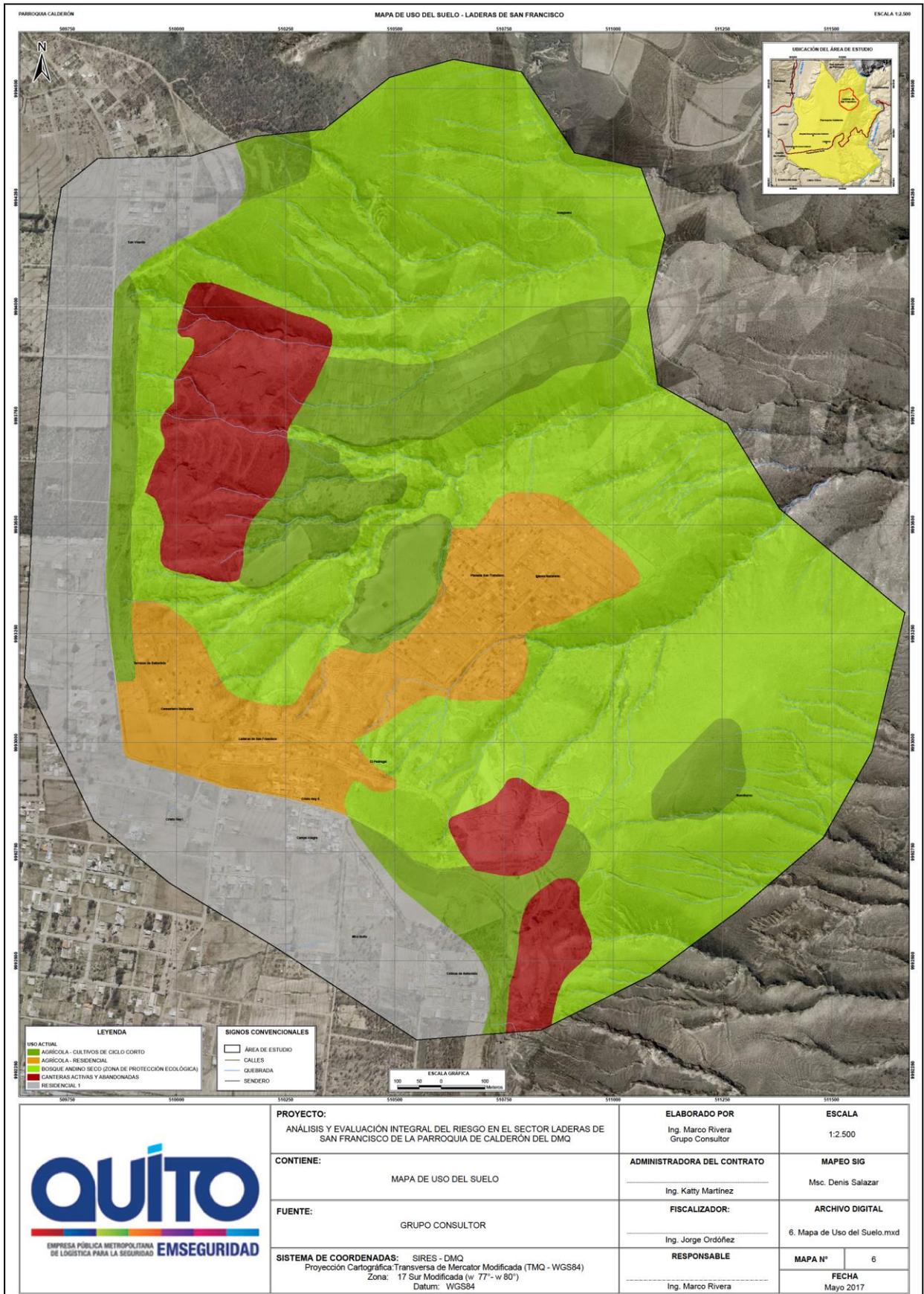


Figura N° 8.7. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo en Laderas de San Francisco

LEYENDA	
NOMBRES	
USO DE SUELO	
Uso Vigente	
	Agrícola - Cultivos ciclo corto
	Agrícola - Urbano
	Bosque Andino Seco (Zona de Protección Ecológica)
	Canteras activas y abandonadas
	Residencial 1

8.3.5 Estructuras Lineares (Escarpes y Cicatrices Deslizamientos)

Se emplea para la realización de este mapa de susceptibilidad las estructuras generadas por escarpes de erosión – taludes verticales y las cicatrices del deslizamiento de Laderas San Francisco, con pendientes fuertes, alta erosión fluvial regresiva y movimientos en masa; cicatrices de antiguos escarpes asociados al movimiento del mismo deslizamiento y/o nuevos colapsos que se forman por la erosión del terreno y caída de bloques.

Se considera el escarpe erosional, abrupto o talud vertical localizado en los límites de superficies estructurales o relictos de la plataforma de Calderón, estos se localizan en la parte alta de la zona, sobre los barrios Laderas de San Francisco, Pedregal, en Cristo Rey II. En la parte baja también están en los bordes de las quebradas secas, y en los taludes que limitan a Planada de San Francisco (Figura N° 8.8). Finalmente están los límites de las denominadas “Tierras Malas”, que son áreas con alta erosión y que generan mucha inestabilidad en el terreno. El mapeo de estas estructuras se realizó en base del estudio geomorfológico de la zona y los recorridos de campo.

En la Tabla N° 8.4 Se han asignado los siguientes valores para las estructuras en la zona de estudio:

Tipo de Estructura Tectónica	Símbolo	SP
Cicatriz de despegue del gran deslizamiento de San Francisco		3
Cicatriz de despegue de antiguos deslizamientos, re-activados, pendientes fuertes - casi verticales		4
Tierras malas, zonas muy inestables y peligrosas susceptibles de una agresiva erosión		5
Escarpe erosional, o talud vertical localizado en los límites o relictos de la plataforma de Calderón		2
Zonas sin elementos lineares		1

Tabla N° 8.4. -Susceptibilidad parcial por estructuras lineares en el área de estudio

LEYENDA EXPLICATIVA			
LITOLOGÍA/ FORMACIONES SUPERFICIALES	FORMAS DEL RELIEVE	GRADO DE DISECCIÓN / DESNIVEL / PENDIENTE	REPRESENTACIÓN
1.- LA PLATAFORMA DE CALDERÓN - Rampas de piedemonte cortadas abruptamente por importante falla regional inversa			
Cangahua y capas de pómez finos depositados en ambiente lacustre, yaciendo sobre un basamento de flujos de lavas-brechas-avalanchas (?) provenientes del Pululahua, Casitagua, Rucu Pichincha, Mojanda, Pacpo (?)	Niveles estructurales con evidencia de dislocación - flexura por movimientos de terreno	Superficie relativamente plana, sin disección, ligeramente inclinada hacia el oeste (< 2 %).	
	Vertientes suaves derivadas de las superficies estructurales (flexuras-colapsos?)	Superficie ligeramente inclinada al N en Colinas de Bellavista y al E en San Vicente, con pendientes entre 2-5%	
	Niveles estructurales antiguos "colgados", como testigos de un primer deslizamiento	Superficies planas ligeramente diseccionadas, con pendiente moderada entre 5 a 12 %	
	Colina de cima alargada en sentido N-S, producto del levantamiento inverso del frente de falla	Superficie plana estrecha, con vertiente de suave pendiente entre el 2 - 5 %	
2.- ESCARPE PRODUCTO DEL DESLIZAMIENTO DE UN ENORME VOLUMEN DE TERRENO			
Cangahua y cenizas volcánicas-lapilli, deleznales, fuertemente erosionadas y deformadas por el deslizamiento, relictos de la plataforma de Calderón	Vertientes relativamente estables, pero sujetas a una agresiva erosión hídrica en canales profundos, presencia de cárcavas y zonas de tierras malas	Superficies planas, fuertemente diseccionadas y cortadas por canales profundos, con pendientes entre 25 - 40 %	
	Vertientes rectilíneas, completamente inestables, taludes de escombros, cicatrices de deslizamientos, zonas destruidas por la explotación de canteras	Vertientes de fuerte pendientes, totalmente inestables y peligrosas, sujetas a una activa erosión hídrica y eólica, las descargas de aguas servidas de las zonas pobladas ocasionan una agresiva erosión regresiva.	
3.- SUPERFICIE DE UN ANTIGUO DESLIZAMIENTO			
Cangahua y capas de pómez finas depositadas sobre una plataforma	Superficies planas provenientes del desprendimiento (deslizamiento) de la plataforma de Calderón	Superficies planas ligeramente inclinadas en dirección del movimiento del deslizamiento NE, localmente con evidencia de basculamiento inverso (Planada de San Francisco)	
	Cañones y canales profundos producto de la erosión hídrica	Vertientes y laderas desectadas, cañones profundos de fuerte pendiente >70%	
SIMBOLOGIA ESPECIAL			
Cicatriz de despegue del gran deslizamiento de San Francisco, pendientes fuertes, zonas frágiles e inestables de alta erosión fluvial regresiva y movimientos en masa			
Cicatriz de despegue de antiguos deslizamientos, re-activos, pendientes fuertes - casi verticales, zonas frágiles y de fuerte inestabilidad, agravada por la explotación de canteras informales			
Tierras malas, zonas muy inestables y peligrosas susceptibles de una agresiva erosión hídrica regresiva y eólica			
Escarpe erosional, abrupto o talud vertical localizado en los límites de superficies estructurales o relictos de la plataforma de Calderón			
Cárcavas, canales de erosión activa-intensa			
Erosión por regueras-sistemas de conducción de aguas, o escurrimiento activo			
Dirección del movimiento y sentido de los movimientos de terreno (deslizamiento)			
Zonas de relleno y acumulación de escombros/basura por la actividad de canteras			

8.4 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA - SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

La susceptibilidad generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones propias del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad. (Suárez J, 1998).

Para determinar el grado de susceptibilidad por FRM, se han combinado todos los factores ya indicados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se conoce este proceso como Álgebra de Mapas.

Una vez realizado el análisis estadístico, la rasterización y la reclasificación de las capas, se procede a asignar los valores de peso (susceptibilidad parcial) a las capas de acuerdo a la importancia que se estime por parte de los especialistas en FRM. En este proyecto se asignaron pesos a las diferentes capas, entre 1 y 5. Estos pesos de influencia pueden ser modificados acorde al número de capas e importancia de cada factor.

Para la determinación de la susceptibilidad absoluta o total, se utilizaron las matrices indicadas y con ayuda del software ARCGIS, se sumaron las cuatro matrices (capas y/o mapas temáticos) o sus correspondientes rasters de susceptibilidad parcial (Figura N° 8.9).

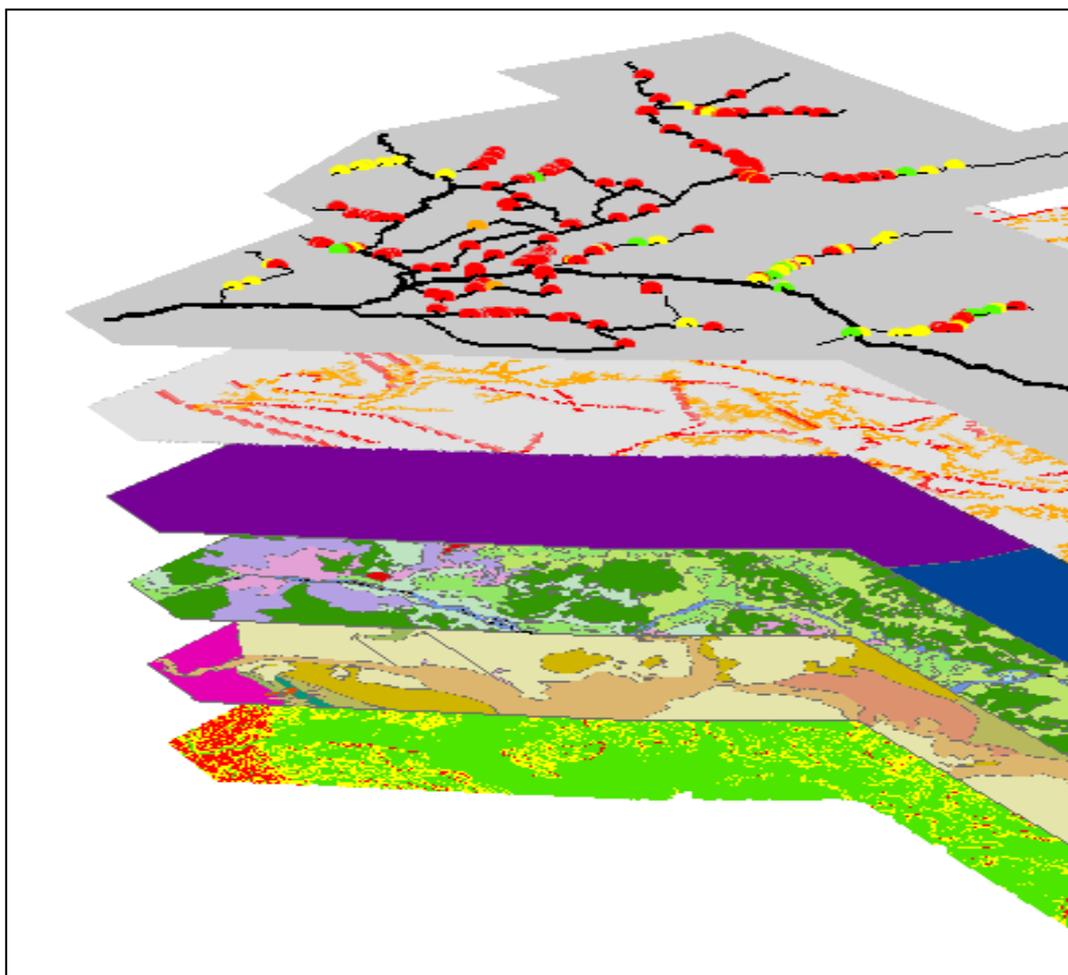


Figura N° 8.9. Superposición de capas de Pendientes, Uso del Suelo, Litológico y Estructuras lineares.

Para el presente estudio se consideró una calificación de los factores cuantitativa (Rangos de Pendientes) y otra cualitativa (pesos asignados a la litología, uso del suelo y estructuras lineares). El resultado de sumar todos los factores nos permite clasificar la susceptibilidad por

movimiento de Terrenos Inestables en la zona del proyecto (Figura N° 8.10 Mapa de Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos).

8.4.1 Clasificación de la Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

La suma total de los factores indicados puede variar entre 4 y 16 puntos. Se han reclasificado los rangos acorde con el criterio del equipo técnico y la supervisión del Fiscalizador del Contrato. Se han dividido en cinco, las zonas de susceptibilidad como consta en la Tabla N° 8.5.

RANGO	SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS	COLOR
4 – 6	Muy Baja Susceptibilidad	
6,1 – 8	Baja Susceptibilidad	
8,1 - 10	Media Susceptibilidad	
10,1 – 12	Alta Susceptibilidad	
12,1 – 16	Muy Alta Susceptibilidad	

Tabla N° 8.5.- Clasificación del grado de Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

Acorde a esta clasificación se realizó la zonificación de la Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos, donde se describe de forma general cada una de ellas. El Mapa de Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos, ha sido elaborado a escala 1:2.500 (Figura N° 8.10). Este mapa consta en la sección Anexos.

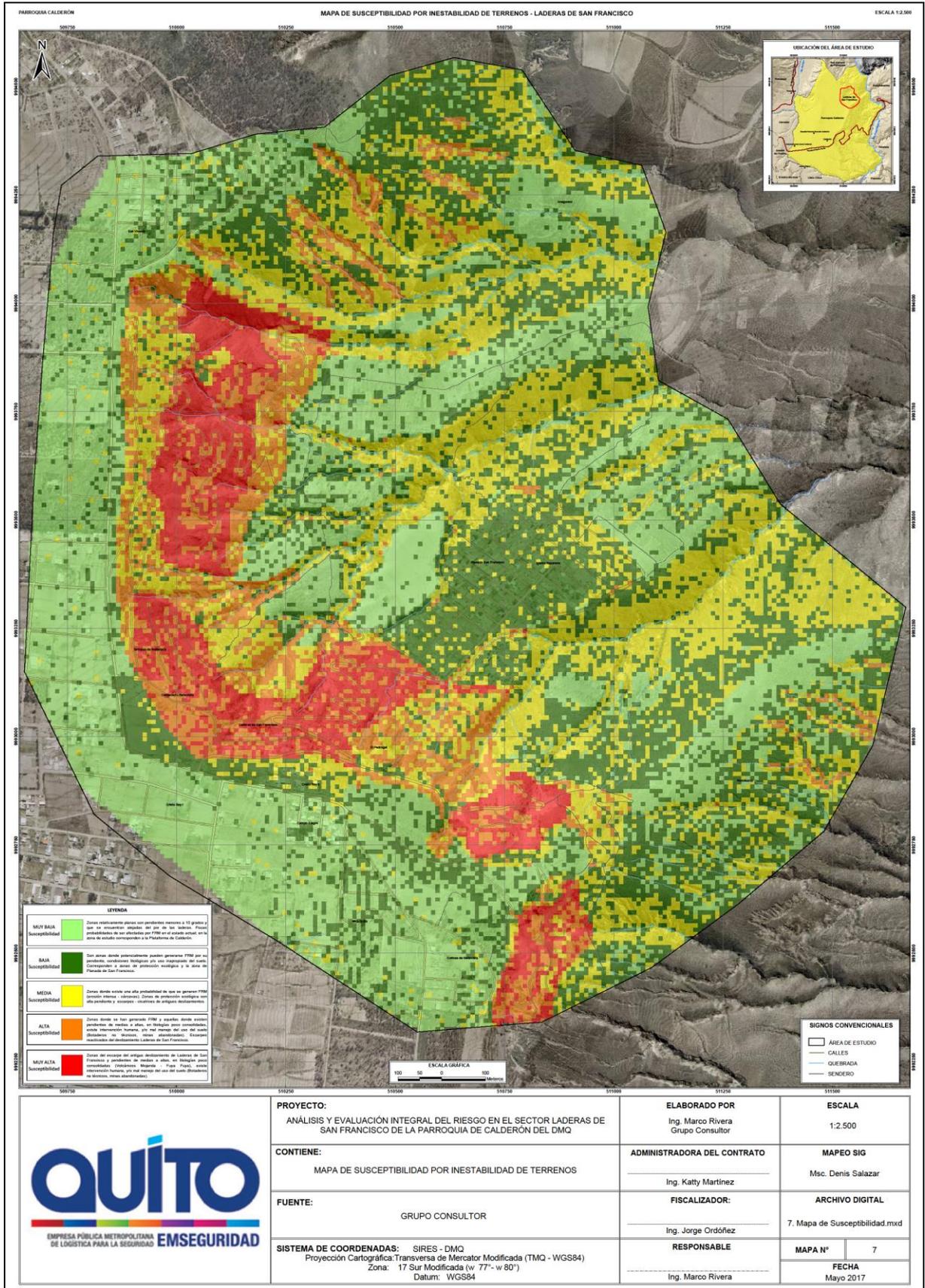
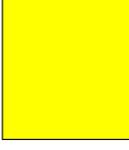
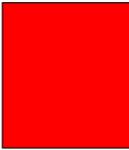


Figura N° 8.10. Mapa de Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

LEYENDA SUSCEPTIBILIDAD POR INESTABILIDAD DE TERRENOS		
MUY BAJA Susceptibilidad		Zonas relativamente planas con pendientes menores a 10 grados y que se encuentran alejadas del pie de las laderas. Pocas probabilidades de ser afectadas por FRM en el estado actual; en la zona de estudio corresponden a la Plataforma de Calderón.
BAJA Susceptibilidad		Son zonas donde potencialmente pueden generarse FRM por su pendiente, condiciones litológicas y/o uso inapropiado del suelo. Corresponden a zonas de protección ecológica y la zona de Planada de San Francisco
MEDIA Susceptibilidad		Zonas donde existe una alta probabilidad de que se generen FRM (erosión intensa - cárcavas). Zonas de protección ecológica con alta pendiente y escarpes - cicatrices de antiguos deslizamientos.
ALTA Susceptibilidad		Zonas donde se han generado FRM y aquellas donde existen pendientes de medias a altas, en litologías poco consolidadas, existe intervención humana, y/o mal manejo del uso del suelo (Botaderos no técnicos, minas abandonadas). Escarpes reactivados del deslizamiento Laderas de San Francisco
MUY ALTA Susceptibilidad		Zonas del escarpe del antiguo deslizamiento de Laderas de San Francisco y pendientes de medias a altas, en litologías poco consolidadas (Volcánicos Mojanda - fuya fuya), existe intervención humana, y/o mal manejo del uso del suelo (Botaderos no técnicos, minas abandonadas).

8.4.2 Zonificación de la Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

Se ha dividido la susceptibilidad por movimientos de terrenos inestables en 4 categorías, acorde al mapa obtenido mediante la metodología de factores ponderados, debido a que por solicitud de la Administración del Contrato se unieron las Susceptibilidad Muy Baja y Baja en un solo rango de Baja Susceptibilidad.

Zonas de Muy Alta Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

Las zonas con Muy Alta Susceptibilidad se representan en color rojo y son aquellas donde han ocurrido deslizamientos (activos o re-activados), con pendientes mayores a 25°, se hallan sobre arenas y limos volcánicos deleznable y existen en la actualidad intensos procesos erosivos y/o se reactiven antiguos FRM.

Las áreas habitadas como: Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista y Pedregal (Foto N° 8.11), corresponden a zonas de muy alta susceptibilidad; se debe elaborar un plan de intervención que contemple Medidas Estructurales y No Estructurales para la reducción de la amenaza y/o vulnerabilidad en la zona, como primer paso de la Gestión del Riesgo en estas

zonas. No se debe permitir la expansión urbana, ya que las medidas estructurales para reducir el riesgo pueden ser costosas y no tan efectivas para estabilizar el terreno.

En el Volumen 3, Capítulo XII se proponen las Medidas de Intervención Estructurales y No Estructurales para reducir la amenaza/vulnerabilidad y en el Capítulo XIII se realiza un análisis del Costo – Beneficio de las mismas, para su implementación o no en la zona de estudio.



Foto N° 8.11. Zona de Laderas de San Francisco y Pedregal, se observan intensos procesos erosivos y de colapsos, zona de muy alta amenaza.

Zonas de Alta Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

Las áreas con Alta susceptibilidad se representan en color naranja y son aquellas donde potencialmente pueden generarse deslizamientos o reactivarse antiguos eventos similares, esto debido a su pendiente, terrenos deleznales y sobre todo al uso del suelo, que no ha sido tan afectado por urbanizaciones.

En la zona de estudio están en terrenos con bosque seco-protección ecológica (Foto N° 8.12); zonas con pendiente menor a 20-25° sobre terrenos deleznales, y zonas de quebradas donde no se puede hacer mayor intervención humana. Estas zonas de Alta Susceptibilidad, representan un área pequeña donde tampoco se debe permitir la expansión urbana, pero se pueden tomar medidas estructurales y no estructurales para reducir en parte la amenaza - susceptibilidad.



Foto N° 8.12. Zonas de Alta Susceptibilidad con pendiente menor a 25°, sobre terrenos deleznales

Zonas de Media Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos

Las zonas de Media Susceptibilidad están representadas en color amarillo y son áreas donde potencialmente pueden generarse FRM por su pendiente menor a 15°, condiciones litológicas (rocas deleznales), uso inapropiado del suelo y/o mal uso de las líneas de conducción de agua potable, servidas, lluvia, etc.

Generalmente están en los flancos de las laderas, pero en zonas sin intervención humana ya sea de cultivos de ciclo corto o de urbanizaciones sin alcantarillado (Foto N° 8.13).

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.



Foto N° 8.13. Zona de Susceptibilidad Media, en colinas con la presencia del bosque seco y sin viviendas

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.

Representan una importante área en la zona de estudio y zonas como Planada de San Francisco, San Vicente y Cristo Rey II están en zonas de baja susceptibilidad (Foto N° 8.14). Son las áreas idóneas para la expansión urbana, pero se debe tener cuidado con el manejo de las líneas de conducción de aguas lluvia, aguas servidas para evitar la generación de hundimientos, erosión intensa, etc.

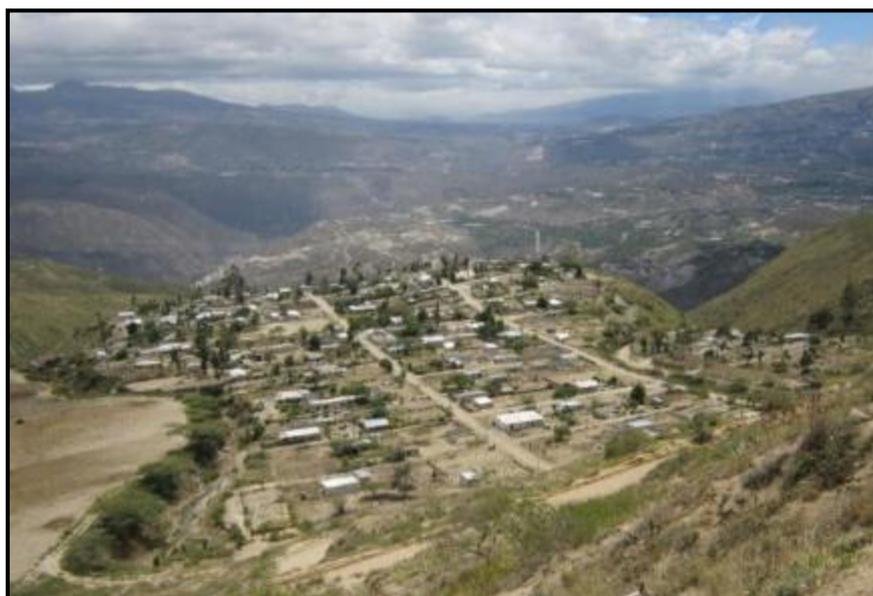


Foto N° 8.14. Planada de San Francisco, zona de amenaza baja, terrenos estables, se debe cuidar el uso del agua para evitar erosión y hundimientos.

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 parte de San Vicente; nuevamente es válido recalcar que el mal uso del agua puede generar problemas menores como hundimientos y colapsos de alcantarillado (Foto N° 8.15).



Foto N° 8.15. Barrio Cristo Rey I, zona plana con muy baja susceptibilidad por inestabilidad de terrenos, no obstante se pueden generar hundimientos por mal manejo del agua

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. No es factible mapear e identificar todos los FRM en la zona de estudio debido a que son varios los procesos activos como erosión retrocedente y formación de cárcavas, colapsos y caída de bloques, deslizamientos rotacionales, pequeños flujos de escombros, entre otros.

Se mapea la Inestabilidad de Terrenos por zonas, por ejemplo los barrios Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista han generado intensos movimientos de terrenos como caída de bloques y colapsos, prácticamente todo el camino está afectado por este tipo de movimientos que pueden generar flujos de escombros en la parte baja de la zona.

Igualmente las canteras abandonadas han generado zonas susceptibles de generar caídas y volteo de bloques, así como flujos de lodo y escombros en la parte baja de las mismas.

El detalle del levantamiento de Inestabilidad de Terrenos está en la Figura N° 8.11.

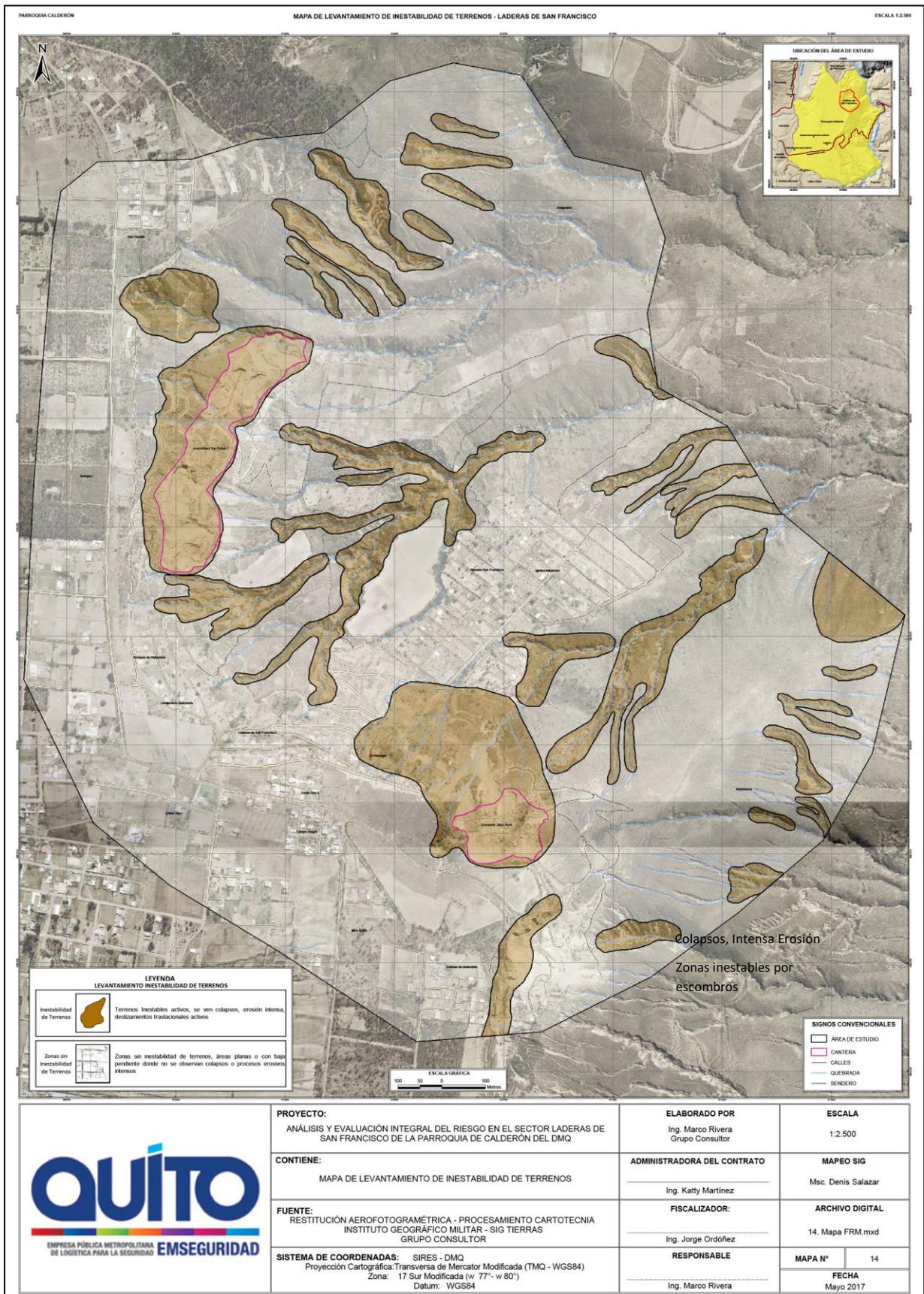


Figura Nº 8.11. Mapa de Levantamiento de Inestabilidad de Terrenos

Se han levantado un total de 27 sitios con Inestabilidad de Terrenos, todos ellos excepto uno tienen calidad de activo, es decir son movimientos recientes de terreno, también es común que 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 (Foto N° 8.16).



Foto N° 8.16. *Inestabilidad de Terrenos en el sector del Barrio San Vicente (UTM: 788530 E / 9994238 N) se observan intensos procesos de erosión y colapsos hacia las quebradas*

El levantamiento de Inestabilidad de terrenos se halla resumido en la Tabla N° 8.6, donde está la ubicación de los FRM, dimensiones, tipo de movimiento, actividad, etc.

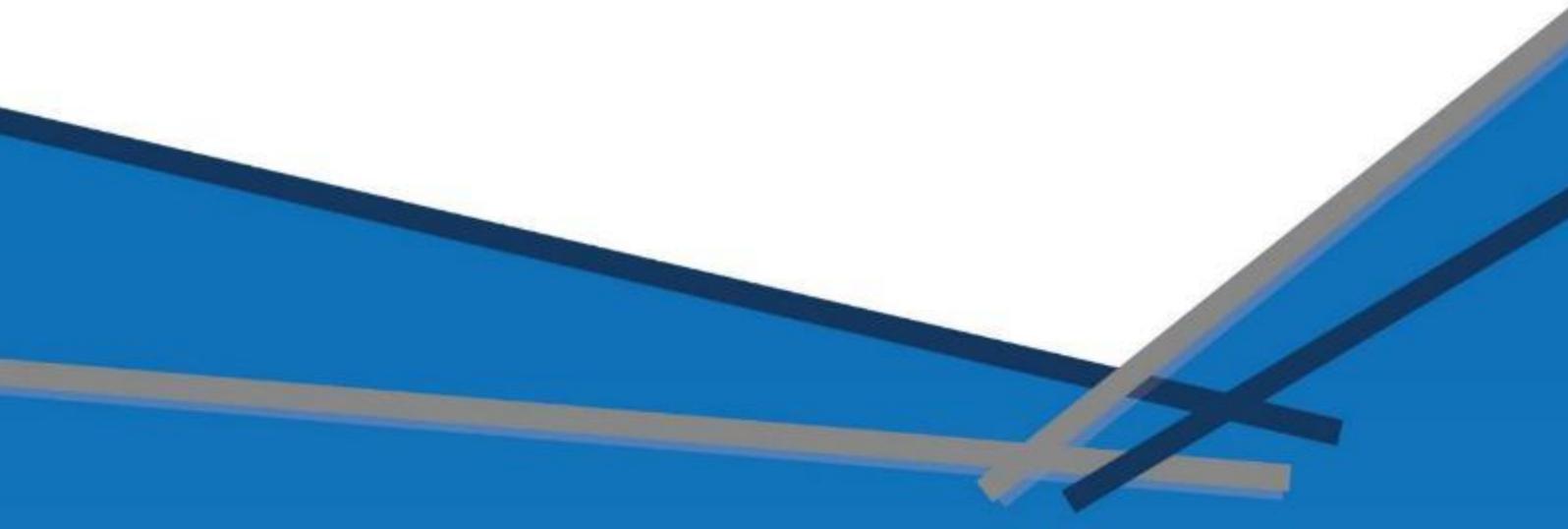
CÓDIGO	LOCALIDAD	UTM_X	UTM_Y	COTA	TIPO_MOV	ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCIÓN	USO_SUELO	ESCARPE	ANCHO	LONGT	AZ_MOV	DIP	OBSERVACIONES
LSF-01	San Vicente	788896	9994420	2570	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	21	120	190	30	Pequeños movimientos hacia la quebrada, sobre todo por colapsos y erosión superficial
LSF-02	San Vicente	788830	9994361	2603	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	45	225	100	30	Movimientos hacia la quebrada con colapsos y erosión superficial
LSF-03	San Vicente	788850	9994300	2587	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	27	146	120	30	Colapsos hacia la quebrada, erosión superficial
LSF-04	San Vicente	788824	9994212	2576	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	32	130	120	30	Colapsos y erosión superficial
LSF-05	San Vicente	788608	9994355	2693	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	10	70	320	160	30	Alta erosión, grandes colapsos por la erosión eólica
LSF-06	San Vicente	788530	9994238	2700	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	10	50	360	150	30	Zona de alta erosión, colapsos por la erosión intensa
LSF-07	San Vicente	788540	9994148	2670	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	10	37	240	160	30	Alta erosión, colapsos hacia la quebrada
LSF-08	San Vicente	788187	9994066	2766	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco Urbanización	10	100	90	150	40	Zona de alta erosión, en el área aledaña a San Vicente
LSF-09	Cantera San Rafael	788250	9993840	2720	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cantera Pétreos	8	260	610	100	35	Colapsos y erosión intensa en el sector de la cantera, no hay zonas urbanizadas
LSF-10	Terrazas de Bellavista	788240	9993330	2707	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cantera Bosque Seco	10	44	188	90	40	Zona de alta erosión, aledaño a parte Terrazas de Bellavista
LSF-11	Pedregal	788875	9992830	2711	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cantera Cultivos	10	570	355	60	45	Erosión fuerte por la cantera abandonada, escombros disponibles para generar flujos
LSF-12	Planada de San Francisco	789209	9993193	2530	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	5	150	40	300	45	Erosión fuerte en la quebrada, frecuentes colapsos
LSF-13	Planada de San Francisco	789180	9992983	2600	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	5	76	500	45	40	Erosión en la quebrada, el bosque preserva un poco el terreno de la erosión
LSF-14	Versantes del Guayllabamba	789278	9993920	2480	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cultivos Bosque seco	5	45	160	165	30	Inicio de formación de cárcavas, erosión no es tan intensa, bosque seco preserva el terreno

Tabla Nº 8.6.- Resumen del Levantamiento de Inestabilidad de Terrenos

CÓDIGO	LOCALIDAD	UTM_X	UTM_Y	COTA	TIPO_MOV	ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCIÓN	USO_SUELO	ESCARPE	ANCHO	LONGT	AZ_MOV	DIP	OBSERVACIONES
LSF-15	Versantes del Guayllabamba	789760	9993300	2475	Colapso-Caída de bloques	Relicto	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	10	265	480	30	35	Deslizamiento antiguo, se ves restos del antiguo escarpe
LSF-16	Colinas de Bellavista	789020	9982467	2780	Colapso-Caída de bloques	Activo	Latente	Ensanchándose	Cantera	10	370	80	90	45	Cantera abandonada en la zona de Colinas de Bellavista, intensa erosión y colapsos
LSF-17	Colinas de Bellavista	789160	9992480	2721	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	33	146	80	30	Colapsos frecuentes, erosión en la zona de quebradas
LSF-18	Versantes del Guayllabamba	789510	9992695	2588	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	100	115	90	30	Colapsos en quebrada seca por el camino abierto para las torres eléctricas
LSF-19	Versantes del Guayllabamba	789582	9992844	2581	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	5	77	26	90	30	Colapsos pequeños y superficiales
LSF-20	Versantes del Guayllabamba	789711	9992868	2560	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	33	52	120	30	Colapsos pequeños y superficiales
LSF-21	Versantes del Guayllabamba	789690	9992942	2547	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	8	160	51	70	30	Colapsos hacia la quebrada, proceso se incrementa por el camino (torres?)
LSF-22	Versantes del Guayllabamba	789664	9993089	2560	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	8	210	60	100	30	Colapsos, aparentemente se inician por erosión hídrica por lluvias o mal manejo aguas
LSF-23	Versantes del Guayllabamba	789768	9993168	2530	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Bosque seco	3	80	20	100	30	Pequeños colapsos hacia la quebrada
LSF-24	Planada de San Francisco	789420	9993491	2470	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cultivos Bosque seco	5	36	164	65	30	Colapsos hacia la quebrada, erosión superficial
LSF-25	Planada de San Francisco	789396	9993532	2469	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cultivos Bosque seco	5	34	190	70	30	Colapsos y erosión que puede venir de las aguas servidas de Planada de San Francisco
LSF-26	Planada de San Francisco	789308	9993596	2476	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cultivos Bosque seco	5	60	210	70	30	Colapsos y erosión que puede venir de las aguas servidas de Planada de San Francisco
LSF-27	Planada de San Francisco	788720	9993536	2550	Colapso-Caída de bloques	Activo	Sucesivo	Retrogresivo	Cultivos Bosque seco	20	150	626	75	45	Zona con intensa erosión hacia la quebrada, colapsos y caída de bloques. Erosión por el mal uso de agua de riego?

Tabla Nº 8.6.- Resumen del Levantamiento de Inestabilidad de Terrenos (Continuación)

CAPÍTULO IX



GEOTECNIA

CAPÍTULO IX

GEOTECNIA

En el presente capítulo se presenta el estudio integral de la estabilidad de taludes, las características físico-mecánicas suelos y determinación del factor de seguridad (FS), de la Zona del proyecto Laderas de San Francisco; y como parte del alcance del proyecto, se describen a continuación las actividades desarrolladas en el marco del estudio geotécnico conforme lo establece los Términos de Referencia.

- Realizar una campaña de investigación de campo (perforaciones, excavaciones manuales).
- Realizar ensayos de laboratorio tales como: clasificación de suelos (SUCS), triaxiales UU, corte directo y densidades de terreno para obtener parámetros geo-mecánicos de los suelos.
- Realizar perfiles geológicos – geotécnicos.
- Determinar el Factor de Seguridad en condiciones estáticas y dinámicas.

Para la determinación de los parámetros geotécnicos para el diseño de estabilidad del talud de corte proyectado, se aplicaron los criterios fundamentales de la ingeniería geotécnica definidos en la NEC 2015, SE – GC y tecnología internacional relacionada, tales como: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, SE–DS, SE–GC y ASTM (American Society for Testing and Material).

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.

9.1.1 Trabajos de Campo

Se realizaron toma de muestras en bloque inalteradas en un total de 27, una perforación con ensayos SPT cada metro efectuado bajo la norma ASTM D 1586 que alcanza hasta 4,00 m de profundidad. Conforme establece la norma ASTM D 1587, en todas las muestras recuperadas se realizó la identificación de los suelos, como lo describe la ASTM D 2488.

Se seleccionaron las muestras representativas de cada estrato detectado para futuros ensayos de laboratorio. Hasta la profundidad sondeada no se detectó la presencia de nivel freático.

Para la estabilidad de taludes se dividió a la zona de investigación en 5 perfiles representativos. Conjuntamente con el Fiscalizador del Contrato se seleccionaron los sitios preferenciales para la toma de muestras y la representatividad topográfica de los perfiles en la zona de estudio. El respectivo plano de ubicación se encuentra referido en el Anexo N° 5.1.

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 (P-3, Anexo N° 5.1), el mismo que ha sido añadido a los cinco perfiles antes mencionados en el presente informe, teniendo un total de 6 perfiles finales.

A continuación en la Tabla N° 9.1 se presenta un resumen de los trabajos de campo realizados y el respectivo perfil del 1 al 6.

BARRIO LADERAS SAN FRANCISCO - PERFIL 1			
MUESTRA #	UBICACIÓN		TIPO DE MUESTRA
	X	Y	
L1-C1	789178	9993022	Inalterada
L1-C2	789113	9992979	Inalterada
L1-C3	789153	9992903	Inalterada
L1-C4	789111	9992804	Inalterada
L1-C5	788951	9992770	Inalterada

BARRIO LADERAS SAN FRANCISCO – PERFIL 2			
MUESTRA #	UBICACIÓN		TIPO DE MUESTRA
	X	Y	
L2-C1	789520	9992435	Inalterada
L2-C2	789230	9992477	Inalterada
L2-C3	789342	9992602	Inalterada
L2-C4	789136	9992524	Inalterada
L2-C5	789151	9992603	Inalterada

BARRIO LADERAS DE SAN FRANCISCO PERFIL 3 (AÑO 2014)			
MUESTRA #	UBICACIÓN		TIPO DE MUESTRA
	X	Y	
C-1	788500	9992950	Muestra inalterada
C-2	788556	9993016	Muestra inalterada
C-3	788635	9993080	Muestra inalterada
C-4	788682	9993168	Densidad de campo

BARRIO LADERAS SAN FRANCISCO PERFIL 4			
MUESTRA #	UBICACIÓN		TIPO DE MUESTRA
	X	Y	
L3-C1	788620	9993426	Inalterada
L3-C2	788587	9993404	Inalterada
L3-C3	788447	9993312	Inalterada
L3-C4	788258	9993278	Inalterada

BARRIO LADERAS SAN FRANCISCO PERFIL 5			
MUESTRA #	UBICACIÓN		TIPO DE MUESTRA
	X	Y	
L4-C2	788434	9993372	Inalterada
L4-C3	788292	9993726	Inalterada
L4-C4	788292	9993726	Inalterada
L4-C5	788245	9993742	Inalterada
L4-C6	788174	9993510	Inalterada

BARRIO LADERAS SAN FRANCISCO PERFIL 6			
MUESTRA #	UBICACIÓN		TIPO DE MUESTRA
	X	Y	
L5-C1	788582	9994166	Inalterada
L5-C2	788531	9994206	Inalterada
L5-C3	788427	9994244	Inalterada
L5-C4	788286	9994141	Inalterada

Tabla N° 9.1. Muestras de suelo recolectadas in situ de los perfiles 1 al 6

El ensayo SPT-1 se realizó en las siguientes coordenadas: 9993403 N, 788996 E; el registro litológico del sondeo está referido en el Anexo N° 5.2.

9.1.2 Trabajos de Laboratorio

Para la caracterización física y mecánica de los suelos del lugar, en las muestras obtenidas se efectuaron ensayos de identificación y clasificación (SUCS) y ensayos de resistencia mecánica. Anexo N° 5.3 a N° 5.5. (Volumen IV).

- Humedad Natural ASTM D 2216
- Límites de Plasticidad (Líquido y Plástico) ASTM D 4318
- Granulometría por Tamizado ASTM D 422
- Corte directo en Suelos ASTM D 3080
- Compresión Triaxial UU en Suelos ASTM D 2850

A continuación, en la Tabla N° 9.2, se presenta un resumen de los trabajos de laboratorio

MUESTRA	SUCS	TRIAxIAL UU	TRIAxIAL UU SATURADO	CORTE DIRECTO	CORTE DIRECTO SATURADO
L1C1	X	X			
L1C2	X	X	X		
L1C3	X	X	X		
L1C4	X	X	X		
L1C5	X	X	X		
L2C1	X			X	X
L2C2	X			X	X
L2C3	X	X	X		
L2C4	X	X			
L2C5	X			X	X
L4C1	X	X	X		
L4C2	X	X	X		
L4C3	X	X	X		
L4C4	X	X			
L5C2	X			X	X
L5C3	X			X	
L5C4	X			X	
L5C5	X	X	X		
L5C6	X			X	X
L6C1	X			X	X
L6C2	X			X	X
L6C3	X	X	X		
L6C4	X			X	X

Tabla N° 9.2. Detalle de los ensayos de laboratorio realizados

9.1.3 Trabajos de Gabinete

Con la información de campo y laboratorio y con el apoyo de la información bibliográfica relacionada, se procedió a la elaboración del informe geotécnico, que define la sísmica del sector, la caracterización geotécnica del lugar y la determinación del factor de seguridad de los taludes naturales, tanto estático como dinámico.

9.2 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO

9.2.1 Características Sísmicas del Sector

La información geológica y sísmica relacionada con el sector del proyecto, corresponde a los siguientes documentos técnicos:

- Mapa Geológico del Ecuador, Escala 1:1'000.000, Cooperación entre el Ministerio de Energía y Minas, y Reino Unido, 1993.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC 2015, SE – DS.

Desde el punto de vista sísmico y de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC 2015, NEC – SE – DS, al área del proyecto le corresponde la Zona Sísmica V, con un factor de zona (Z) igual a 0.40. Referirse a la Figura N° 9.1.

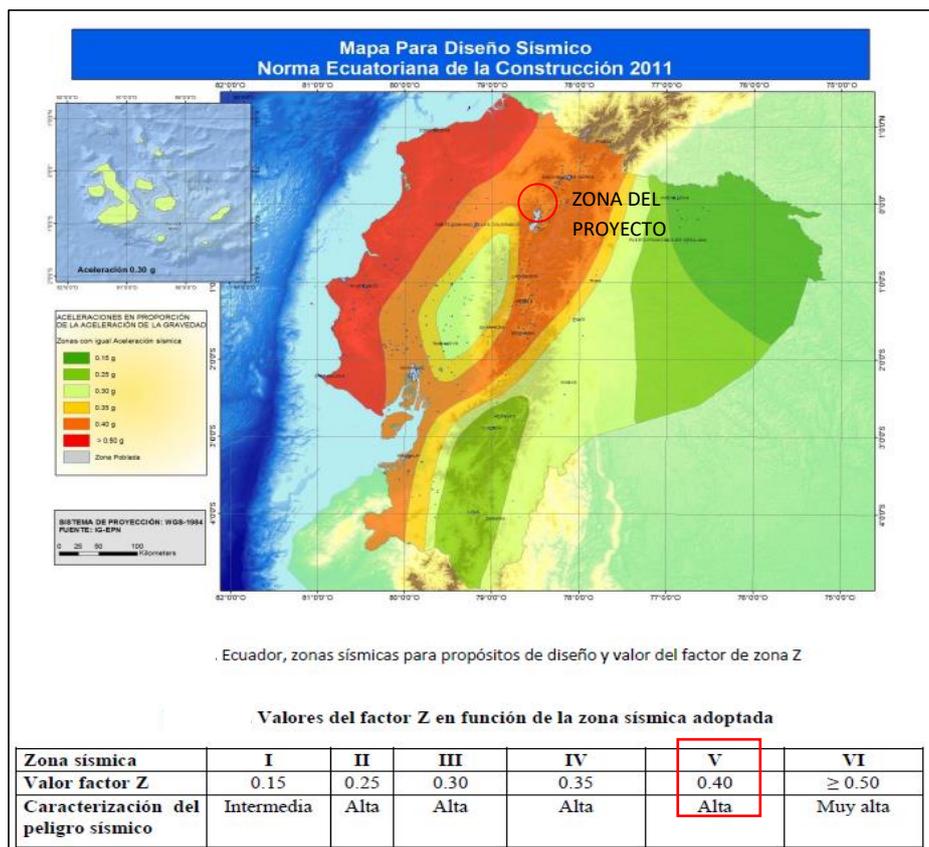


Figura N° 9.1. Extracto del Mapa del Ecuador, Zonas Sísmicas para Propósitos de Diseño y Valor del Factor de Zona "Z". Fuente: NEC 2015, SE – DS.

9.2.2 Caracterización Geotécnica del Terreno

La zona de estudio, al tratarse 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. Se aprecian materiales coluvio-aluviales sobre los depósitos de lapilli que afloran en la parte más superficial de los taludes (Foto N° 9.1).



Foto N° 9.1. Secuencia litológica de un talud de la zona de estudio

Los estratos se encuentran buzando a favor de la pendiente con un ángulo entre 18 y 24 grados (Foto N° 9.2) y se observan inclinados hacia el centro del deslizamiento, presentando además marcas de movimientos gravitacionales sin planos de falla, lo que indica su gran inestabilidad.



Foto N° 9.2. Buzamiento de los estratos

Sobre la base de la información recuperada en campo, laboratorio y bibliografía relacionada, se establecieron seis perfiles estratigráficos representativos, lo cual permite definir el criterio para la selección de los parámetros geomecánicos que se requieren, para el análisis de estabilidad de taludes. Los materiales geotécnicos presentes en la zona corresponden a cada una de las Unidades Geológicas representativas que se describen a continuación.

Formación San Miguel

La Formación San Miguel está caracterizada como una secuencia de arcillolitas, limolitas y areniscas poco compactadas (Foto N° 9.3), intercaladas con estratos de arenas tobáceas, caídas de piroclastos y niveles calcáreos; todos ellos asociados con un ambiente lacustre (Villagómez, 2003).



Foto N° 9.3. Estrato Fm. San Miguel

Formación Mojanda - Fuya Fuya

La Formación Mojanda-Fuya Fuya (Foto N° 9.4) está caracterizada principalmente por una secuencia de piroclastos re TRABAJADOS en ambiente fluvial y eólico intercalados con dos potentes depósitos de caídas plinianas (Pacheco et al., 2014).



Foto N° 9.4. Estratos Fm. Mojanda - Fuya Fuya. Se observa las franjas de piroclastos características de esta Formación

Un importante marcador de la actividad del Fuya Fuya es la Debris Avalancha (Foto N° 9.5), que se formó cuando colapsó el cono San Bartolo y el flanco Oeste del Mojanda , este evento relleno el valle del río Guayllabamba con potencias superiores a 100 m. También se ven flujos de escombros con cantos sub-angulares con poco transporte



Foto N° 9.5. Depósito Avalancha de Escombros



Foto N° 9.6. Bloques en flujo de escombros proximal, clastos poco redondeados

Volcánicos Indiferenciados

Están caracterizados por depósitos de ceniza y lapilli acompañados de depósitos laharíticos (Fotos N° 9.7 y N° 9.8).



Foto N° 9.7. Depósitos de ceniza indiferenciados



Foto N° 9.8. Estratos de lapilli

Formación Cangahua

El conjunto de arenas y limos tobáceos, endurecidas, que componen la Formación Cangahua ha cubierto completamente esta cuenca. Está caracterizada como un depósito limo-arenoso de color marrón, formado de piroclastos, la mayoría re TRABAJADOS, junto con suelos volcánicos incipientes. (Hall & Beate, 1991).



Foto N° 9.9. Formación Cangahua

A partir de la descripción geológica se elaboraron los perfiles litológicos con la estratigrafía geotécnica obtenida para el presente estudio. Anexos N° 5.6 a N° 5.8. La probable correlación geológica se observa en la Figura N° 9.2.

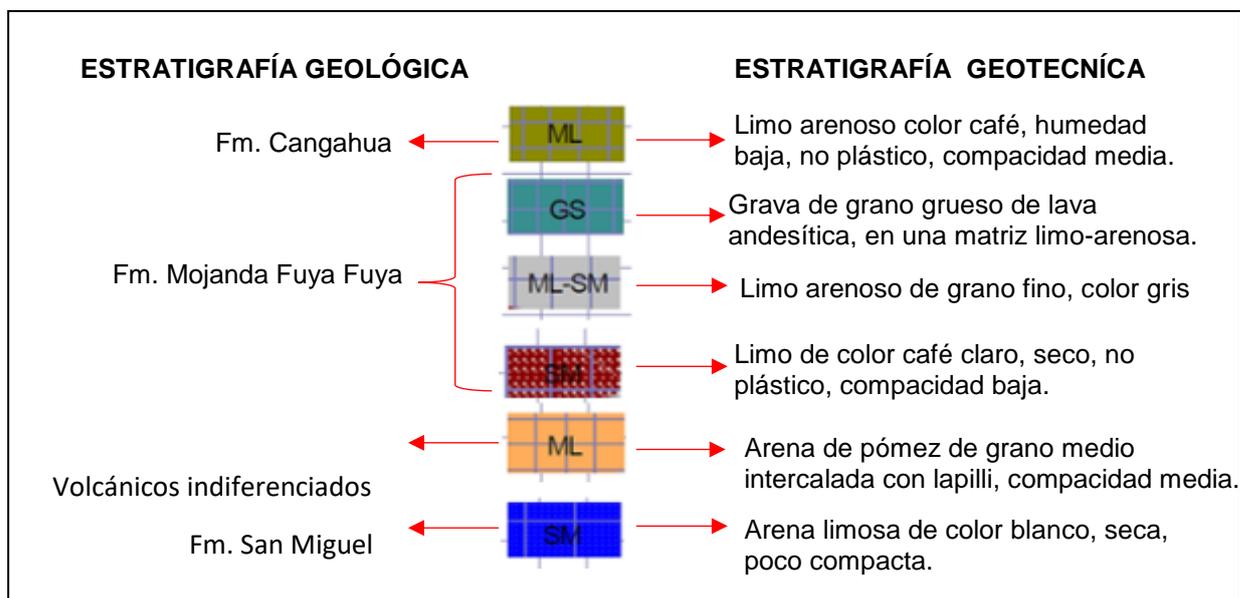


Figura N° 9.2. Correlación de las Unidades Geológicas y Geotécnicas de la zona

Los perfiles realizados con los sitios de muestreo del suelo se observan en las Figuras N° 9.3 a N° 9.8.

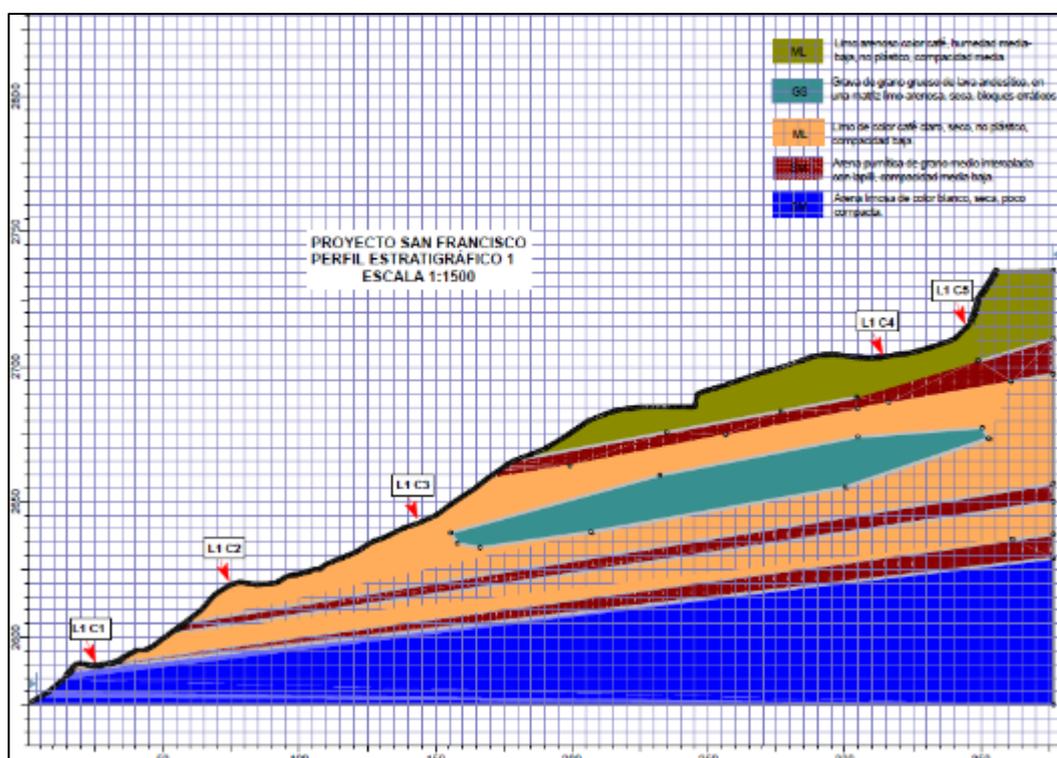


Figura N° 9.3. Perfil No. 1

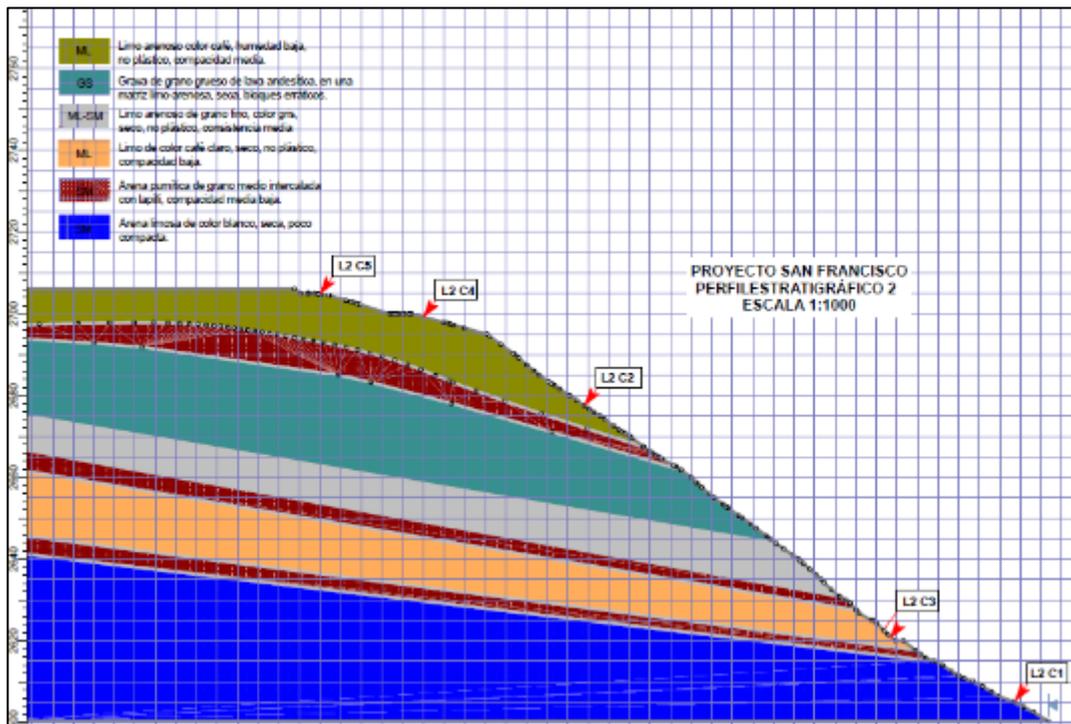


Figura Nº 9.4. Perfil No. 2

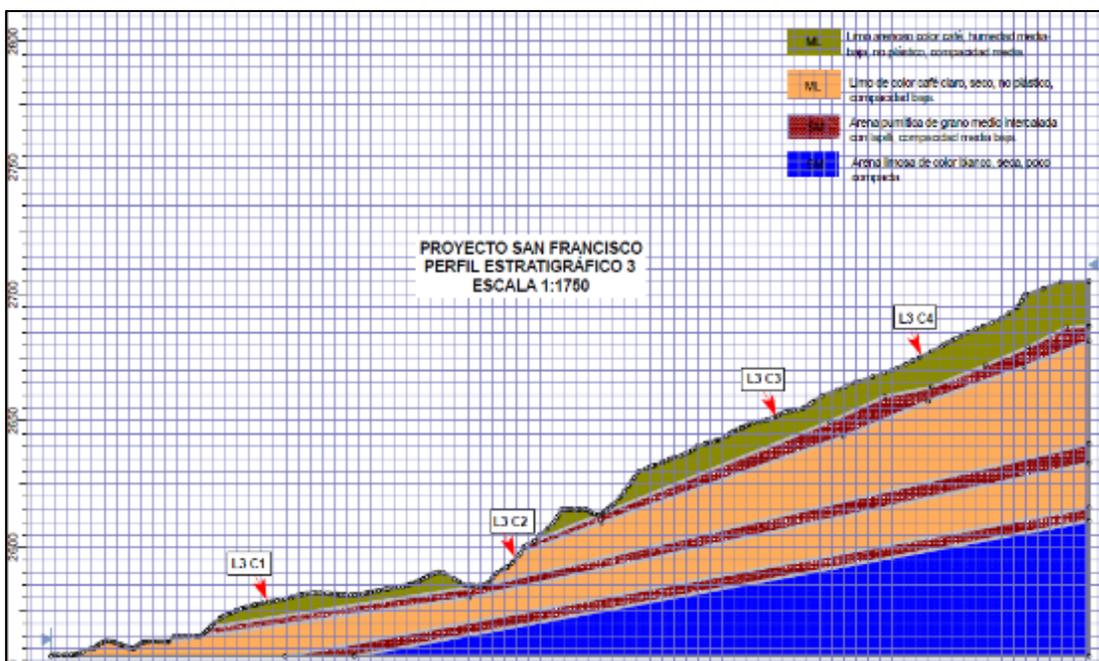


Figura Nº 9.5. Perfil No. 3

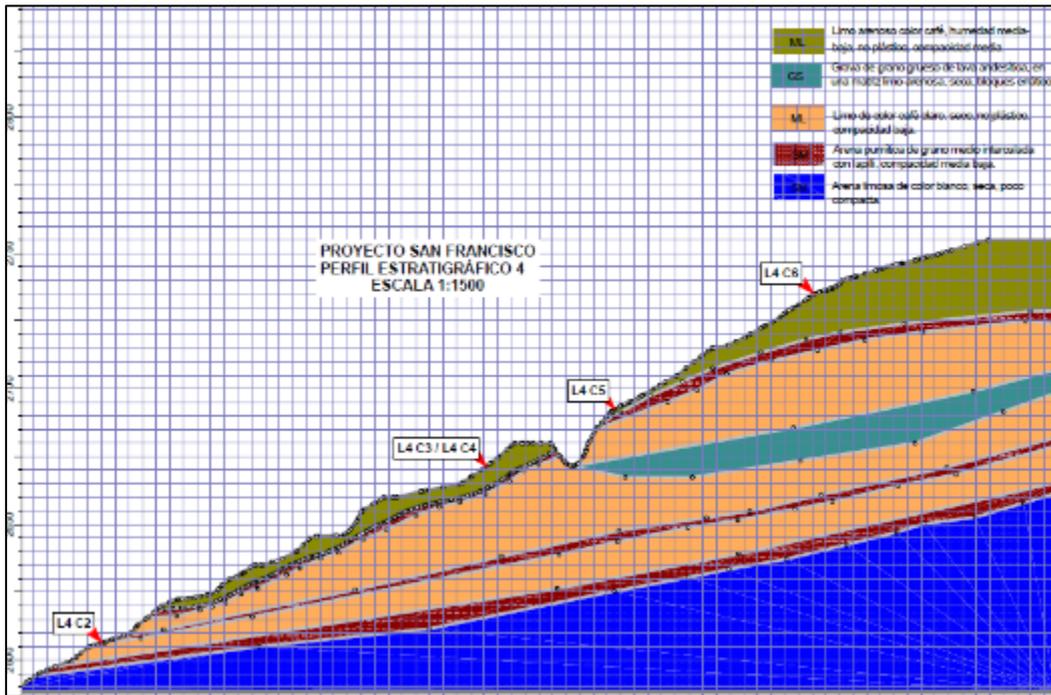


Figura Nº 9.6. Perfil No. 4

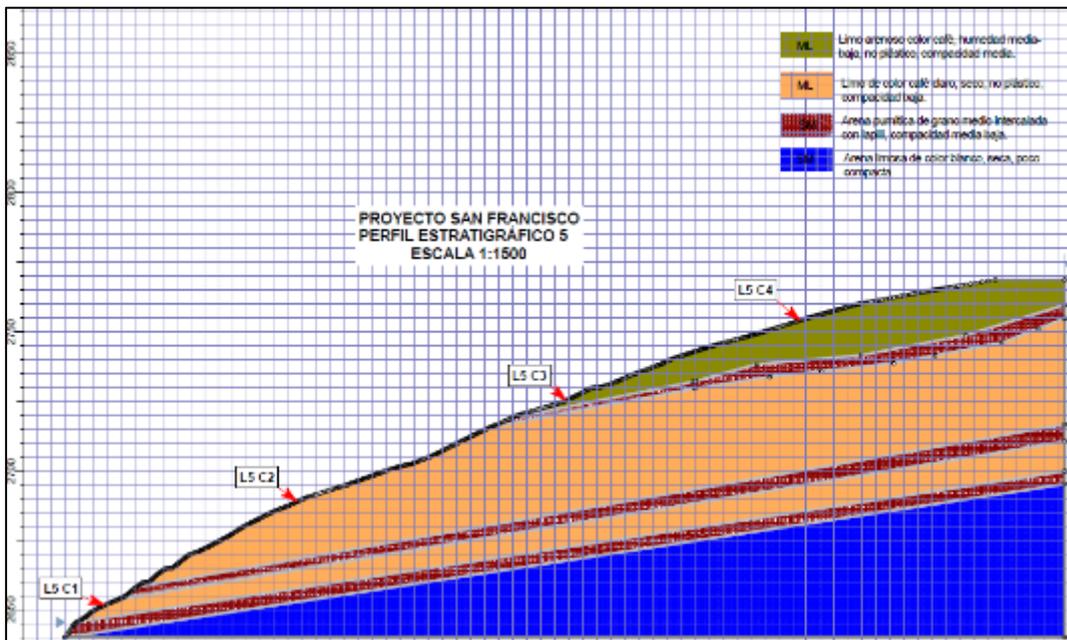


Figura Nº 9.7. Perfil No. 5

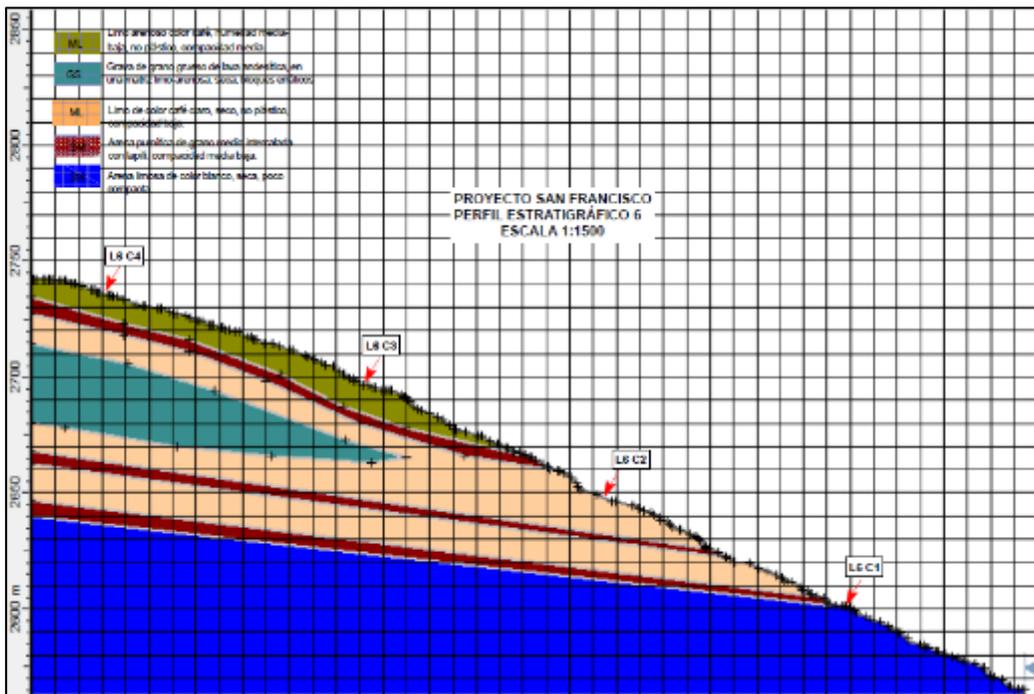


Figura N° 9.8. Perfil No. 6

En todos los perfiles se puede observar la inclinación de los estratos a favor de la pendiente y el espesor aparente de cada uno de ellos.

Los parámetros geomecánicos de las unidades geotécnicas se resumen en la siguiente tabla.

PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DE LOS ESTRATOS, PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD							
ESTRATO	DESCRIPCIÓN DEL ESTRATO	γ (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)	KA	KP	Ko
ML - ARENOSO	Limo arenoso. Color café. Humedad media a baja. No plástico (NP). Compactación media a baja.	13.75	30.00	26.00	0.390	2.561	0.562
SM - PUMÍTICA	Arena pumítica de grano medio intercalada con lapilli. Humedad baja. No Plástica (NP). Compactación media a baja.	11.40	30.00	26.00	0.390	2.561	0.562
ML - CAFÉ CLARO	Limo. Color café claro. Humedad baja. No plástico (NP). Compactación baja.	13.80	28.00	28.00	0.361	2.770	0.531
GS	Bloques de lava andesítica en una matriz limosa. Color gris. Humedad baja. No plástica (NP) Compactación alta.	20.00	150.00	35.00	0.271	3.690	0.426
SM - BLANQUESINA	Arena limosa. Color blanquesino. Humedad baja. No Plástica (NP). Compactación media a alta.	20.00	50.00	33.00	0.295	3.392	0.455

NOTAS.- γ - Peso Específico; c - Cohesión; ϕ - Ángulo de Fricción Interna; KA, KP, Ko - Coeficientes de Empuje Activo, Pasivo y En Reposo

Tabla N° 9.3. Principales parámetros geotécnicos de la zona de estudio

9.2.3 Análisis de Estabilidad del Talud de Corte

Para el diseño de estabilidad de talud de corte, se empleó el software SLIDE 6.0® desarrollado por la empresa RocScience Inc. (sitio web: www.rocscience.com), 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 . El análisis pseudo-estático (sismo de diseño) toma en cuenta la NEC – 2015 (SE – DS), donde la zona sísmica del proyecto tiene un factor de zona “Z” igual a 0.40 (Zona V).

De conformidad con la NEC – 2015, SE – GC, la aceleración sísmica máxima (**amax**) para el diseño es igual a **Fa x Z**, donde Fa es el Factor de Amplificación del suelo / roca, y Z es el Factor de Zona. Para un suelo tipo E, el Factor de Amplificación del suelo (**Fa**) es igual a 1.0.

En consecuencia, **amax** = 1.00 x 0.40 = 0.40.

Para el análisis de estabilidad pseudo-estático, el coeficiente de aceleración sísmica (**kh**) es igual a 0.60 x **amax** (NEC–2015, SE – GC) $\rightarrow kh = 0.24$.

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

9.3.1 Superficies Circulares de Deslizamiento

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.

En la Figura N° 9.9 se muestra un círculo de tanteo y en la Figura N° 9.10 el detalle de una de las dovelas con las fuerzas que actúan sobre la misma.

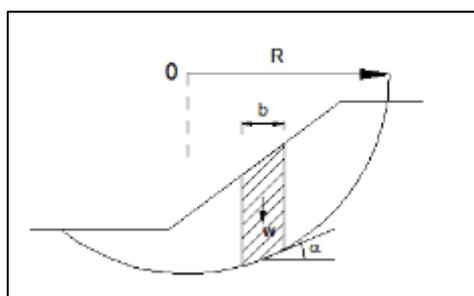


Figura N° 9.9. Círculo de tanteo

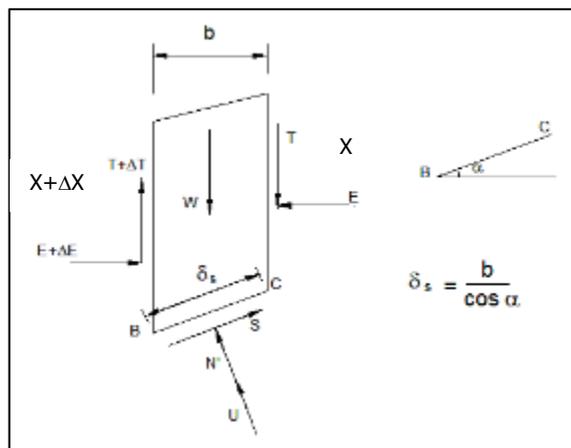


Figura N° 9.10. Fuerzas actuantes en la dovela

Donde:

E \Rightarrow Fuerzas normales totales en los costados de las dovelas.

X \Rightarrow Fuerzas tangenciales totales en los costados de las dovelas.

W \Rightarrow Peso de la dovela.

N' \Rightarrow Esfuerzo efectivo total que actúa en la base de la dovela.

S \Rightarrow Esfuerzo tangencial que actúa en la base de la dovela.

h \Rightarrow Altura del elemento.

b \Rightarrow Ancho de la dovela.

δ_s \Rightarrow Longitud de BC.

α \Rightarrow Ángulo entre BC y la horizontal.

x \Rightarrow Distancia horizontal desde el centro de la dovela a la vertical que pasa por O.

c' \Rightarrow Cohesión efectiva.

ϕ' \Rightarrow Ángulo de rozamiento interno efectivo.

La resultante ΔT , de las fuerzas ΔE y ΔX , forman un ángulo β con respecto a la horizontal (ver Figura N° 9.11.).

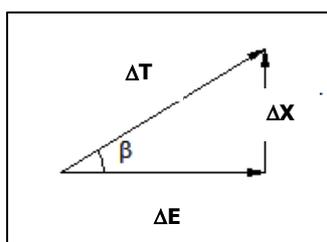


Figura N° 9.11. Resultante de las fuerzas actuantes

En el Tabla Nº 9.4 se listan las incógnitas asociadas al equilibrio de fuerzas y momentos para las n dovelas en las que se puede dividir la masa deslizante.

A. Incógnitas asociadas al equilibrio de fuerzas.	
n :	Resultantes normales N' sobre la base de cada dovela.
1:	Factor de seguridad.
$n-1$:	Resultantes de las fuerzas laterales en la cara de contacto de las dovelas o rebanadas.
$n-1$:	Ángulos β que expresan la inclinación de la resultante ΔT con respecto al horizonte.
$3n-1$:	Incógnitas para $2n$ ecuaciones.

B. Incógnitas asociadas al equilibrio de momentos.	
n :	Coordenadas de situación de las resultantes N' en la base de cada dovela.
$n-1$:	Coordenadas de situación de la resultante ΔT .
$2n-1$:	Incógnitas para n ecuaciones.

C. Total de incógnitas	
$5n-2$:	Incógnitas para $3n$ ecuaciones.

Tabla Nº 9.4. Incógnitas asociadas con las fuerzas resultantes y con los momentos

En la práctica los métodos más usados no consideran el equilibrio de momentos en cada una de la dovelas, por lo que el problema se reduce a $3n-1$ incógnitas para $2n$ ecuaciones. Para eliminar la indeterminación se hacen $n-1$ hipótesis con respecto al ángulo β y queda un sistema de $2n$ ecuaciones con $2n$ incógnitas.

La Figura No.9.12 indica el polígono de fuerzas correspondientes a una dovela cuando se supone conocido el ángulo β .

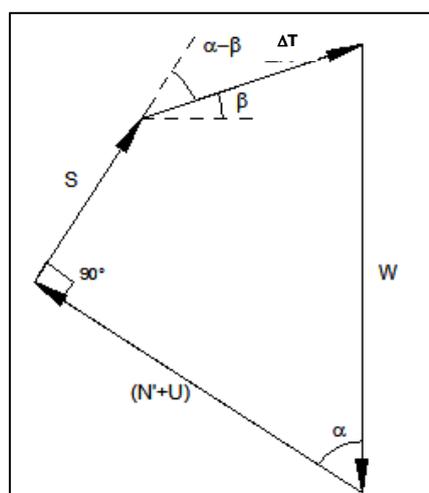


Figura Nº 9.12. Polígono de fuerzas

Proyectando las fuerzas W y ΔT en las direcciones $N'+U$ y S se puede obtener las siguientes ecuaciones de equilibrio:

- Para la dirección ($N'+U$)
 $(N'+U) = W \cos\alpha + \Delta T \sin(\alpha - \beta)$
- Para la dirección S
 $S + \Delta T \cos(\alpha - \beta) = W \sin\alpha$

Sabiendo que el factor de seguridad es la magnitud en la que puede reducirse la resistencia a cortante del suelo para que se produzca el deslizamiento a lo largo de la superficie más desfavorable, se obtiene:

$$F = \frac{S_r}{S}$$

$$S_r = C' + N' \tan \phi'$$

Se obtiene:

$$S = \frac{S_r}{F} = \frac{1}{F} (C' + N' \tan \phi')$$

Donde $C' = c' \cdot \delta s$

$$\frac{1}{F} (C' + N' \tan \phi') + \Delta T \cos(\alpha - \beta) = W \sin\alpha$$

Se recurre al análisis de equilibrio de la masa deslizante como un todo, ya que se puede afirmar que:

$$\sum W_x = \sum SR$$

Donde:

$x \Rightarrow$ Distancia horizontal del centro de gravedad de la dovela al centro del círculo.

$R \Rightarrow$ Radio del círculo de falla supuesto.

Esto se cumple debido a que las fuerzas internas, así como los empujes inter-dovelas no entran en el equilibrio general.

Se obtiene la siguiente ecuación del factor de seguridad:

$$F = \frac{\sum (C' + N' \tan \phi') R}{\sum W_x}$$

Se puede reducir el proceso de cálculo por medio de algunas simplificaciones de donde surgen los distintos métodos de análisis. A continuación se desarrollará el método de Bishop.

Simplificado:

Supone $\beta = 0$

Considerando que:

$$U = \mu \cdot \delta_s$$

$$C' = c' \cdot \delta_s$$

$$\therefore N' = \frac{(W - c' \cdot b \cdot \tan \alpha - \mu \cdot b) \cdot \sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \cdot \tan \alpha}{F}}$$

Se obtiene:

$$F = \frac{R \cdot \sum c' \cdot \delta_s \cdot \eta}{\sum W \cdot x} + \frac{R \cdot \sum (W - \mu \cdot b) \cdot \tan \phi' \cdot \varepsilon}{\sum W \cdot x}$$

Dónde:

$$\varepsilon = \eta \cdot \sec \alpha$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\tan \phi' \cdot \tan \alpha}{F}}$$

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 cortante. 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. De acuerdo con Jambú (ecuación modificada):

$$FS = \frac{f_0 \sum \left\{ [c' b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha \, ma} \right\}}{\sum W \tan \alpha}$$

Donde:

fo= depende de la curvatura de la superficie de falla

$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C',φ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w \gamma_w \, h_w \, h_w \times$

α = Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

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

Los resultados de los análisis de estabilidad del talud estático (sin sismo) se presentan en las siguientes Figuras: N° 9.13 a N° 9.18.

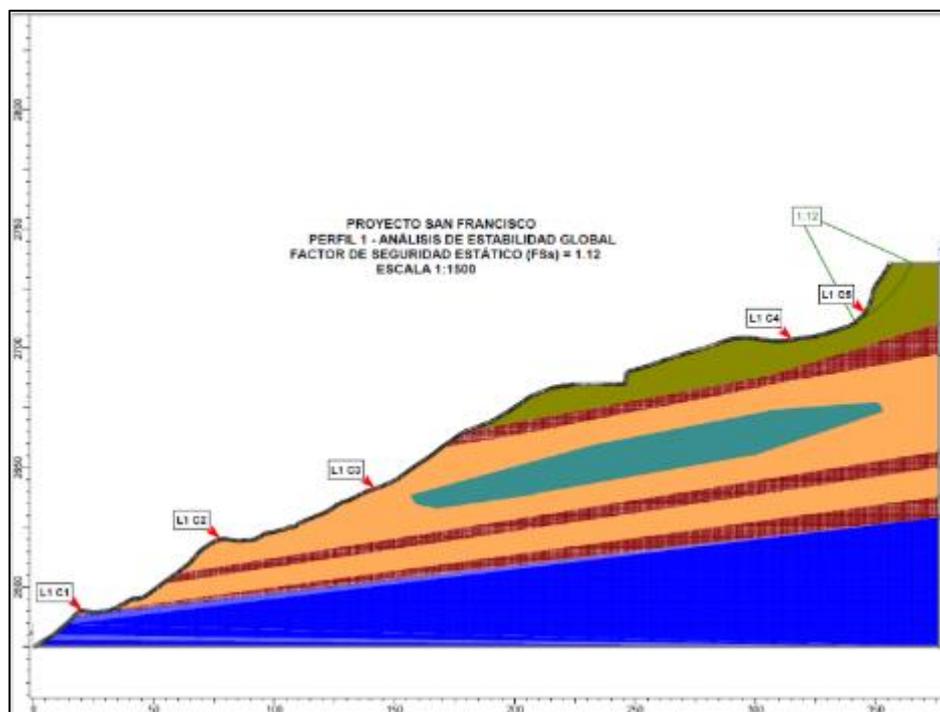


Figura N° 9.13. Perfil geotécnico 1, FSs = 1.12

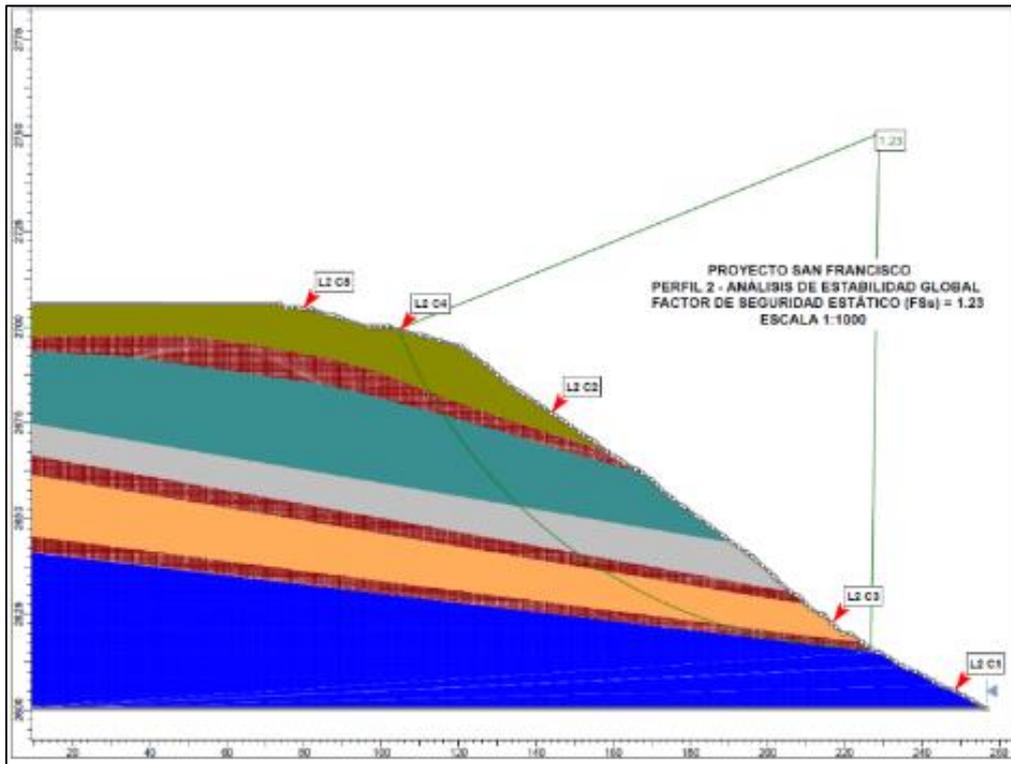


Figura Nº 9.14. Perfil geotécnico 2, F_{Ss} = 1.23

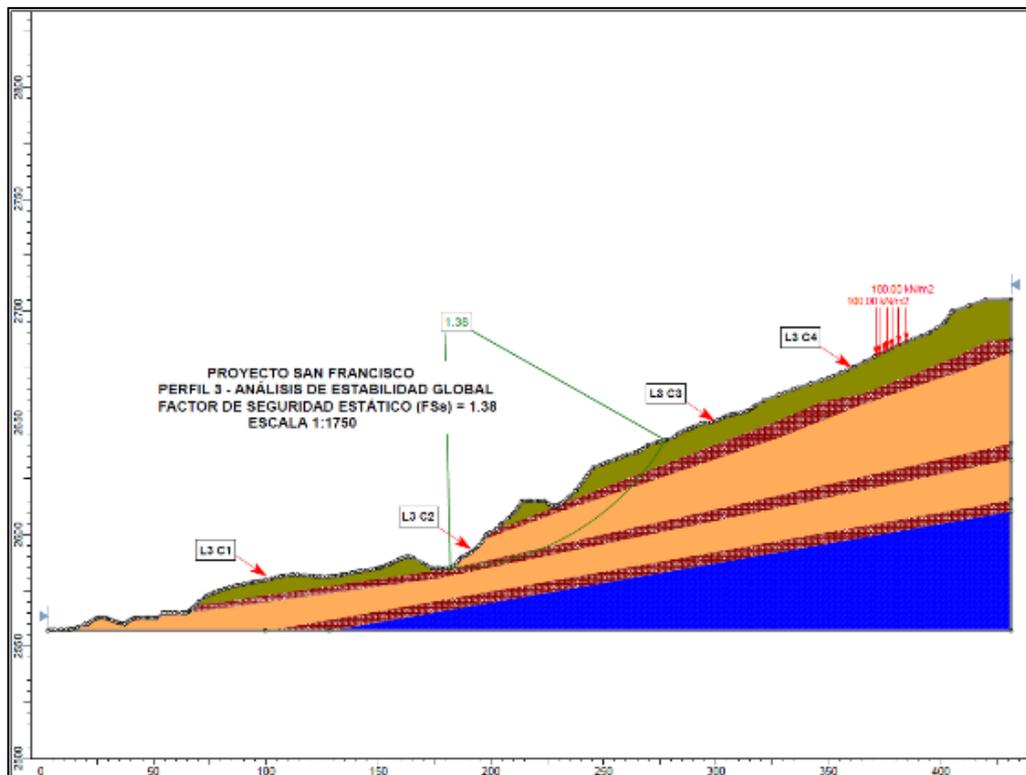


Figura Nº 9.15. Perfil geotécnico 3, F_{Ss} = 1.38

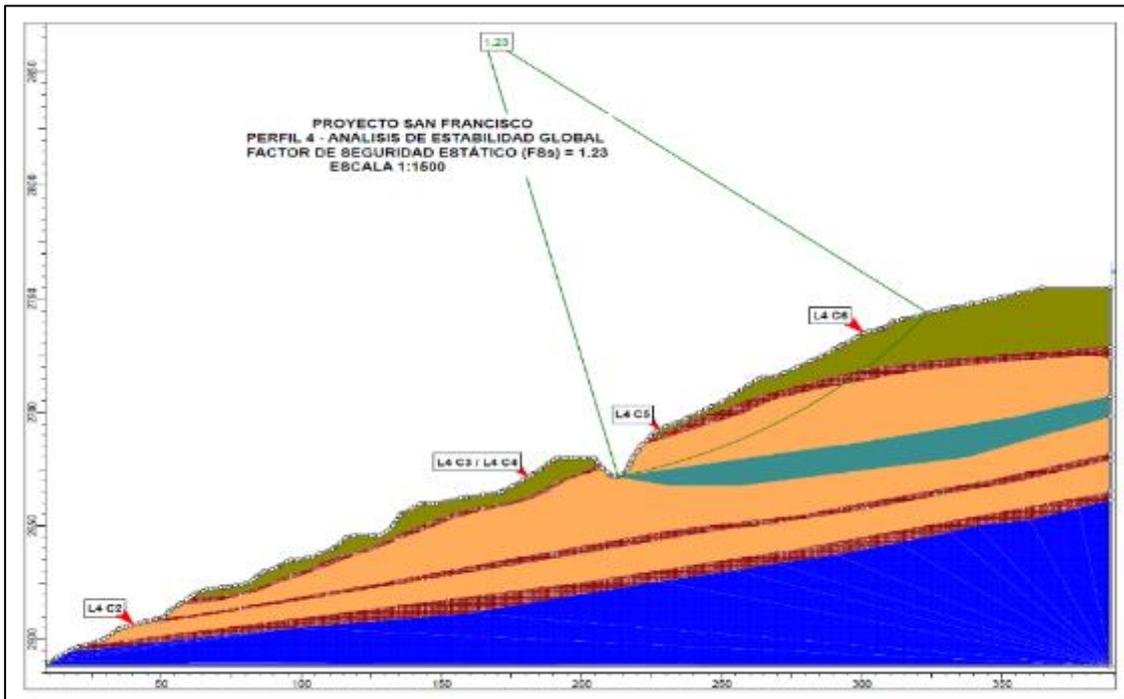


Figura Nº 9.16. Perfil geotécnico 4, FSs = 1.23

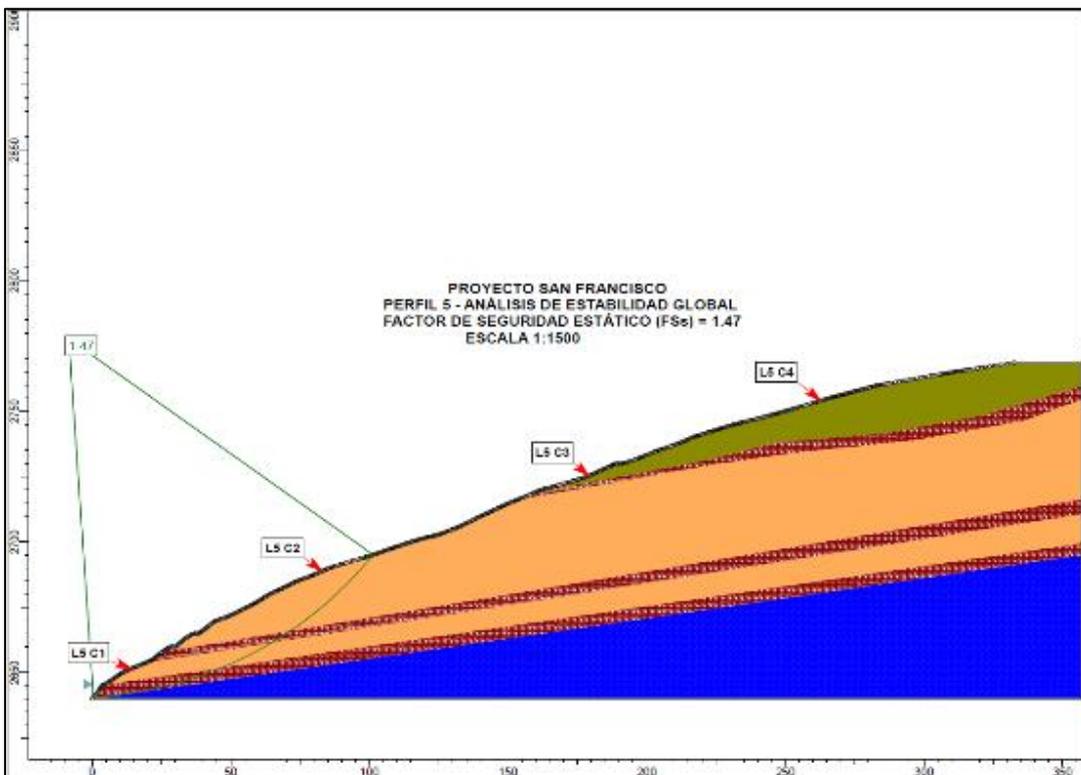


Figura Nº 9.17. Perfil geotécnico 5, FSs = 1.47

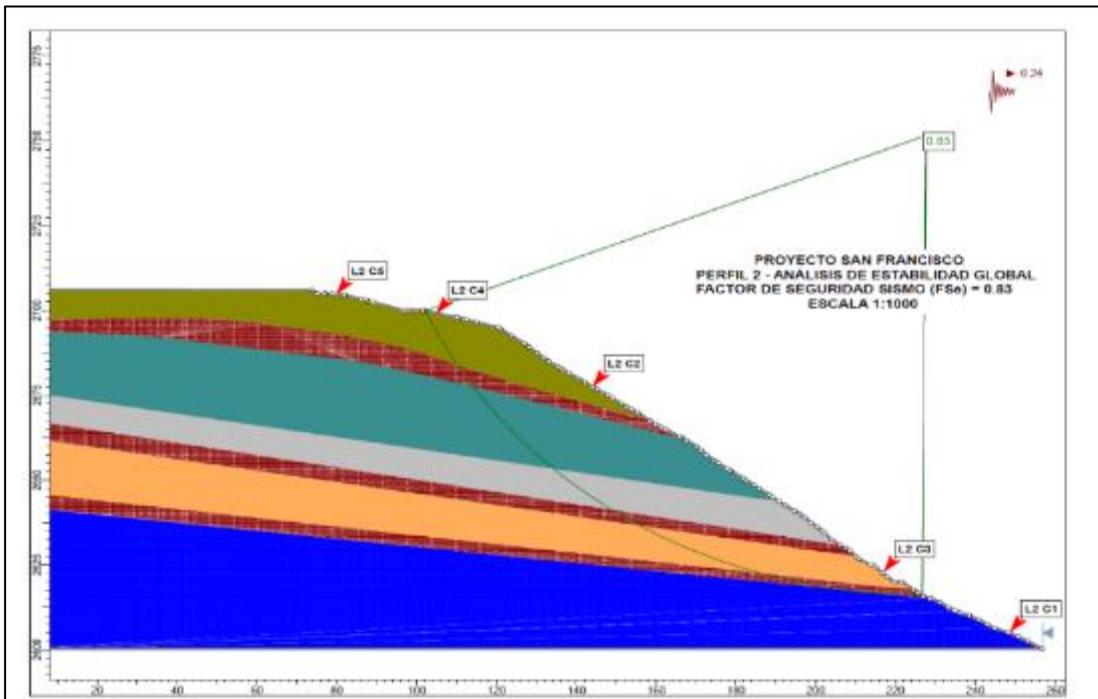


Figura N° 9.20. Perfil geotécnico 2, F_{Se} = 0.83

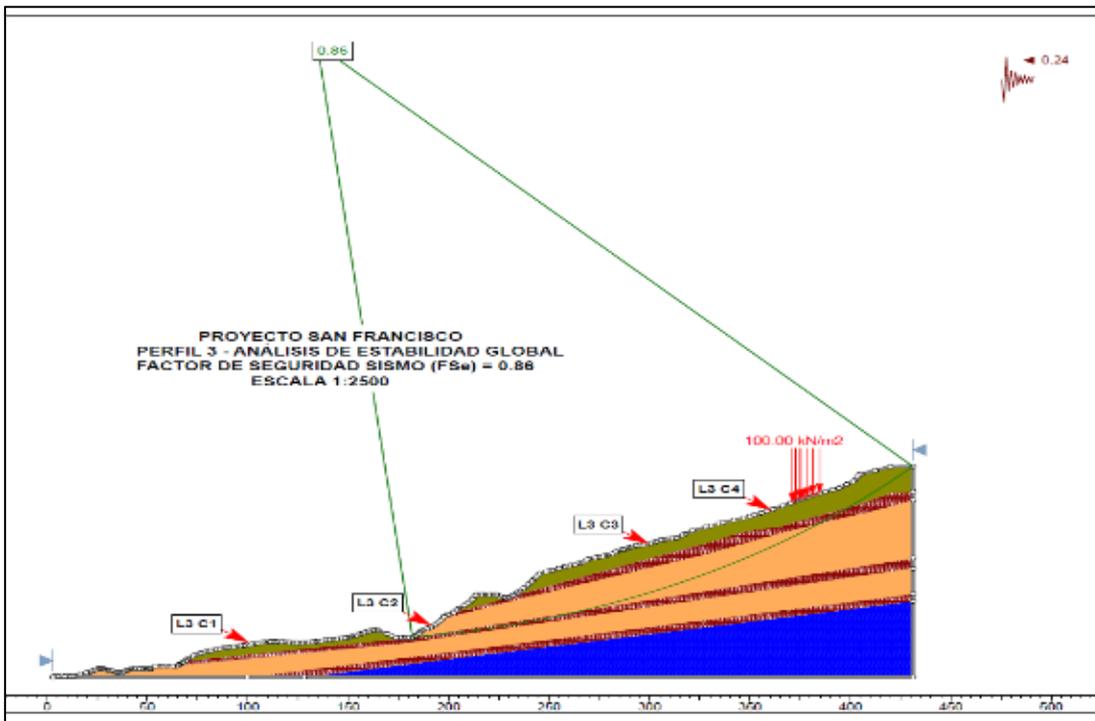


Figura N° 9.21. Perfil geotécnico 3, F_{Se} = 0.86

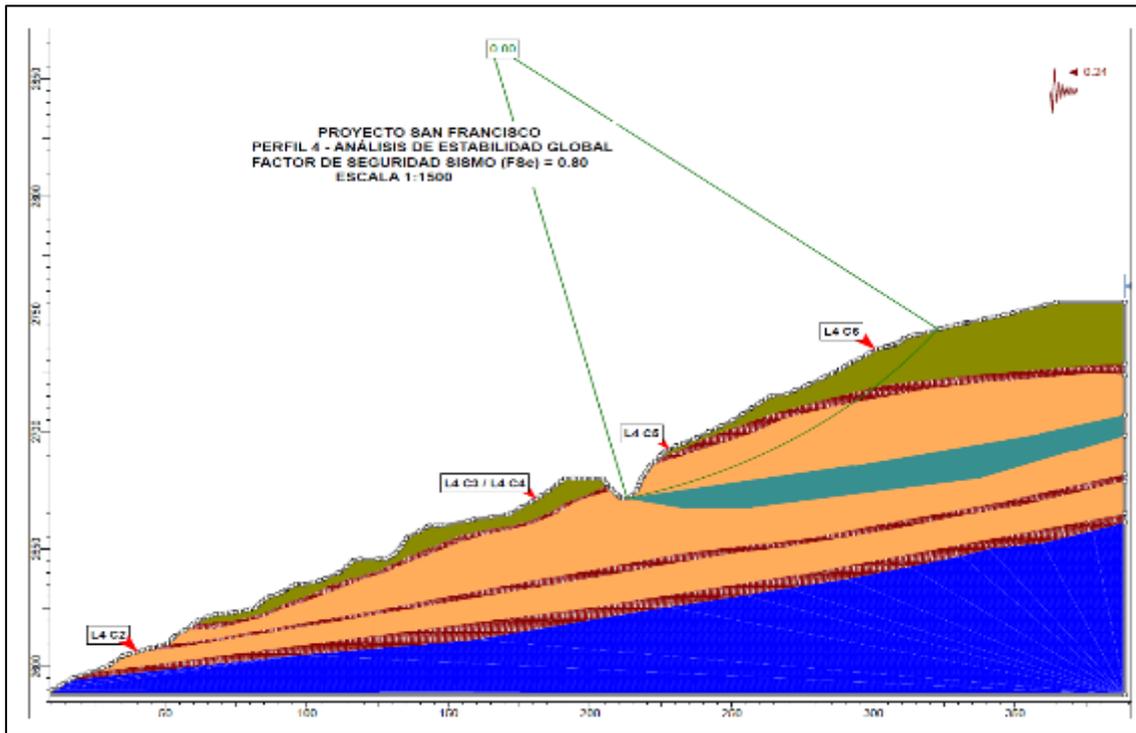


Figura N° 9.22. Perfil geotécnico 4, FSe = 0.80

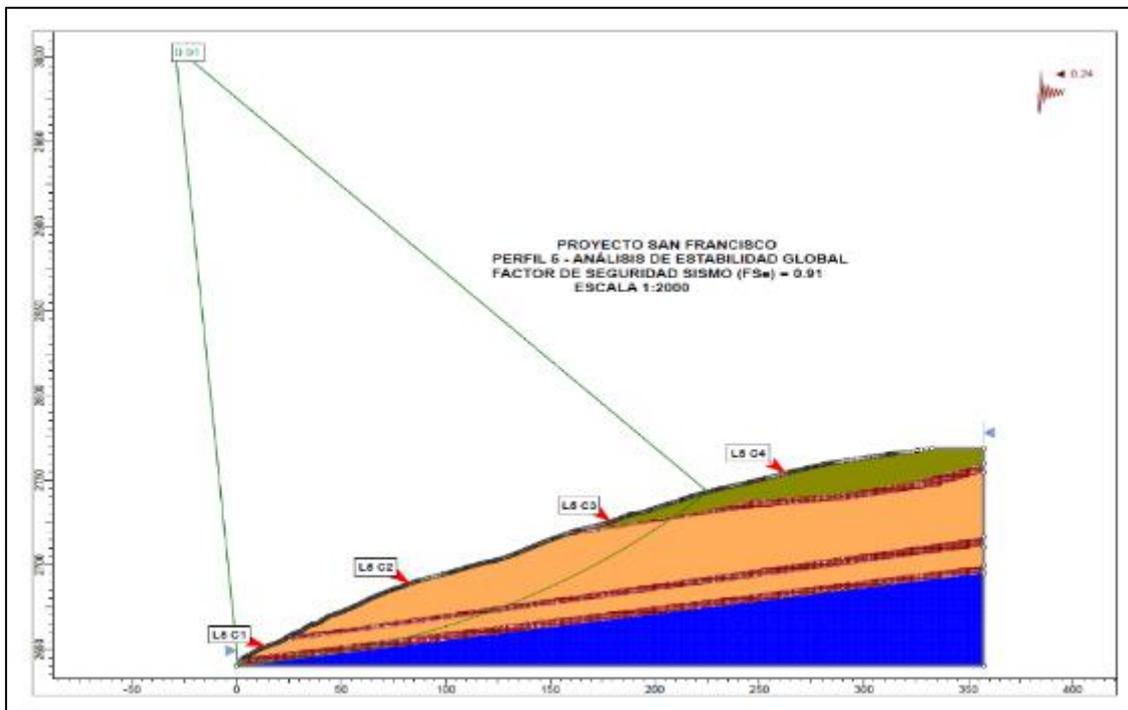


Figura N° 9.23. Perfil geotécnico 5, FSe = 0.91

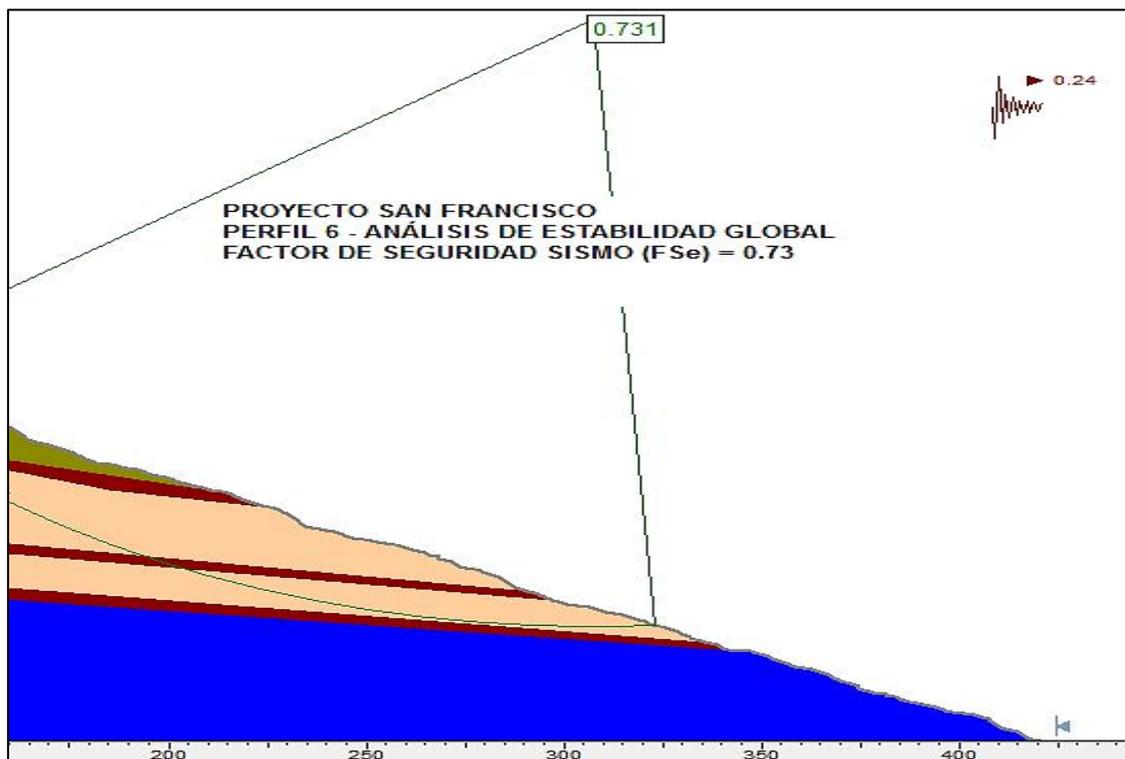


Figura Nº 9.24. Perfil geotécnico 6, FSe = 0.73

9.5 MODELO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO DEL TERRENO

La zona en estudio se formó como parte de un proceso morfogenético que incluye la acumulación de varios productos volcánicos estratificados en forma periclinal, avalancha de escombros, depósitos lacustres. En el sitio particular del proyecto se detecta una alternancia de limos, arenas limosas, arenas de pómez, conglomerados, brechas y tobas (cangahua).

El barrio Laderas de San Francisco, se encuentra asentado sobre un deslizamiento rotacional sucesivo, sobre antiguas superficies de falla (Foto Nº 9.10).



Foto Nº 9.10. Deslizamiento rotacional sucesivo de la zona

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 puede 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 (Foto Nº 9.11) que ha formado grandes cárcavas y surcos en el terreno, como se puede observar en los perfiles 1 -3 - 4.



Foto N° 9.11. Surcos y cárcavas en la zona de estudio

De acuerdo a los perfiles geotécnicos realizados se pueden concluir tres escenarios de inestabilidad:

- a) El colapso y desplazamiento del escarpe principal, afectado por la erosión, y del material localizado en la cabeza del deslizamiento (perfiles 1 y 4). 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.
- b) El colapso del talud completo por efecto de la pendiente pronunciada, como ocurre con el perfil 2. Escenario de amenaza alta.
- c) El desprendimiento del pie del talud como se observa en los perfiles 3, 5 y 6 puede generar inestabilidad en la parte superior del mismo, ya que al quitar fuerzas de soporte en la base, el momento estático cambia y el cuerpo del deslizamiento tiende a desplazarse gravitacionalmente y producir movimientos retrogresivos (Figura N° 9.25) 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 esta zona (Foto N° 9.12).

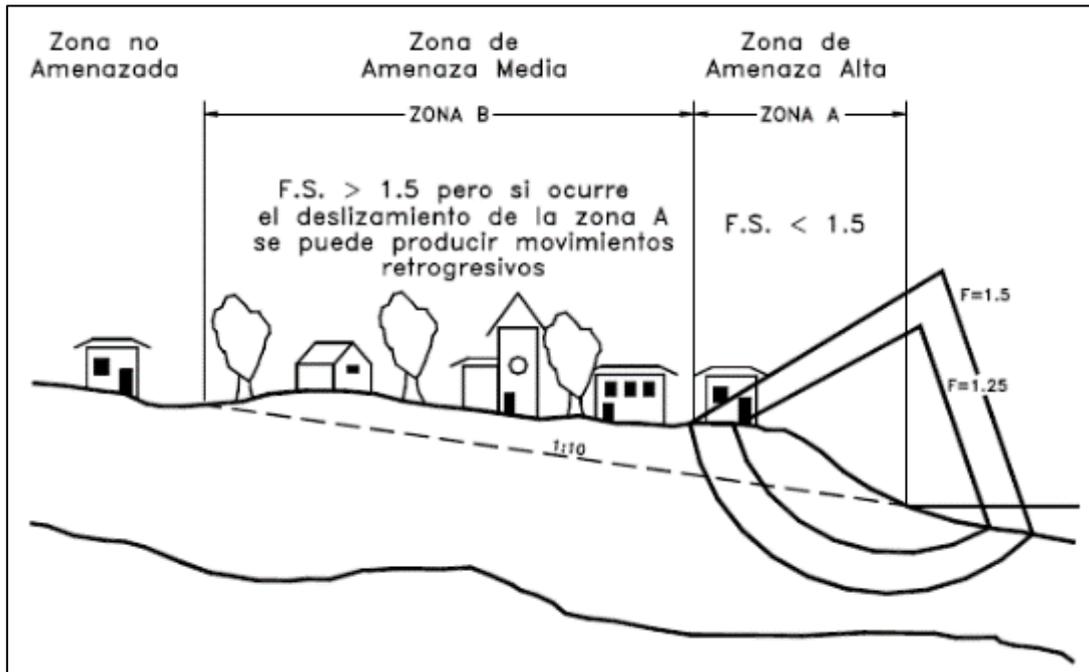


Figura N° 9.25. Zonas de amenaza por deslizamientos retrogresivos



Foto N° 9.12. Distribución de las viviendas en el talud

Como producto del estudio realizado se observa zonalmente factores de seguridad estáticos (FSs) menores a 1,5 en condiciones no saturadas.

Encontrándose los taludes en estado de equilibrio límite con parámetros geo-mecánicos máximos, no se realiza la modelación para las demás condiciones.

Desde el punto de vista sísmico y de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC 2015, SE – DS, el proyecto se ubica en la Zona Sísmica V, con un factor de zona (Z) de 0.40.

Los factores de seguridad se encuentran en los cuadros sucintos precedentes, Tabla N° 9.5.

BARRIO LADERAS DE SAN FRANCISCO		
PERFIL	FACTORES DE SEGURIDAD	
	SIN SISMO	CON SISMO
PERFIL 1	1.12	0.98
PERFIL 2	1.23	0.83
PERFIL 3 (2014)	1.38	0.86
PERFIL 4	1.23	0.80
PERFIL 5	1.47	0.91
PERFIL 6	1.48	0.91

Tabla N° 9.5. Factores de seguridad de estabilidad de taludes
Barrio Laderas de San Francisco

Producto del estudio se observa en los perfiles investigados, 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

CAPÍTULO X

EVALUACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES

10.1 VULNERABILIDAD SOCIO – ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN

En la zona de estudio desde el año 2011 la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos – DMGR ha ejecutado una serie de estudios e informes técnicos con múltiples conclusiones que refieren la problemática de riesgo por inestabilidad de terrenos (Deslizamientos). El estudio “Actualización de la zonificación de amenaza por deslizamientos en el DMQ” (febrero 2015), determina que el sector Laderas de San Francisco presenta condiciones de Alta Amenaza por Inestabilidad de Terrenos (Movimientos en Masa) en caso de precipitaciones muy intensas o sismos de gran magnitud. En enero del 2016 sobre la base al marco normativo e institucional se declara el estado de emergencia en el sector Laderas de San Francisco de la parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito.

El crecimiento agresivo y desordenado de las estructuras urbanas y poblacionales encarece y hace poco eficiente la provisión de servicios públicos, contribuyendo al deterioro de las dinámicas sociales, situación que se agrava debido a los procesos de asentamientos en zonas de riesgo que en la mayoría de casos se sustenta en el mercado informal. El incremento de los riesgos urbanos entre otras causas se debe a los elevados índices de urbanización, incluyendo asentamientos no planificados e inseguros en áreas inundables, costeras y montañosas (SNGR, 2012).

Una estrategia de acceso y equidad a la protección social se establece en el marco normativo e institucional que determina la obligatoriedad del Estado y los Gobiernos Autónomos Descentralizados a garantizar calidad de vida a la población. El nuevo modelo integral de la Gestión de Riesgos – GR considerado desde el 2008 como Política de Estado involucra: análisis de riesgos, reducción del riesgo, manejo de la emergencia y recuperación, la caracterización y evaluación de la vulnerabilidad es parte esencial del análisis de riesgos, las disposiciones normativas son obligatorias y tienen aplicación en todo el territorio nacional.

En el presente capítulo se presenta la evaluación cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad social, económica y cultural, para una vez correlacionados con los niveles de amenaza, diseñar un Plan de Intervención Correctivo y Prospectivo para reducir el nivel de riesgo global existente y garantizar que las dinámicas físicas, económicas, sociales y culturales se desarrollen armónicamente.

10.1.1 Proceso Metodológico

La evaluación de la vulnerabilidad socio económica abarca la zona en la cual están asentados los barrios que se describen en la siguiente Tabla N° 10.1 y los aspectos sociales susceptibles de evaluación se presentan en la Tabla N° 10.2.

Barrio/sector	Superficie (ha)
Campo Alegre	1454,0
Colinas de Bellavista	2184,0
Cristo Rey I	5033,0
Cristo Rey II	0,843
Laderas de San Francisco	2034,0
Mira Quito	2623,0
Pedregal	3596,0
Planada de San Francisco	15924,0
San Vicente	5715,0
Terrazas de Bellavista	5215,0
Total	43778,8

Tabla Nº 10.1. Barrios del área de estudio y superficies

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 e institucional 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 Nº 10.2. Aspectos sociales susceptibles de evaluación

Por la realidad socio cultural de la población, fue necesario aplicar una metodología altamente participativa:

- a. **Susceptibilidad cuantitativa.-** Para determinar la susceptibilidad cuantitativa de los siete aspectos sociales se consideró la relación de los valores de las variables del diagnóstico social – 19 (Matrices de Sistematización del Diagnóstico Social)³ con la ponderación de los indicadores sociales – 57 (Tabla Nº 10.3), de tal manera que: 1 corresponde a una susceptibilidad baja; 2 a una susceptibilidad media; y, 3 a una susceptibilidad alta.

³ Constan en el numeral 10.1.5

Aspecto	Indicadores para la ponderación	Pond
Demográficos	El % de habitantes en grupos vulnerables es menor al 34 % de la población total	1
	El % de habitantes en grupos vulnerables está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes en grupos vulnerables es mayor al 67 % de la población total	3
Educación de la Población	El % de habitantes > de 18 años con ninguna instrucción formal o instrucción primaria formal es menor al 34 % de la población total	1
	El % de habitantes > de 18 años con ninguna instrucción formal o instrucción primaria formal está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes > de 18 años con ninguna instrucción formal o instrucción primaria formal es mayor al 76 % de la población total	3
	El % de habitantes que ha recibido capacitación informal en gestión de riesgos es mayor al 67 % de la población total	1
	El % de habitantes que ha recibido capacitación informal en gestión de riesgos está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes que ha recibido capacitación informal en gestión de riesgos es menor al 34 % de la población total	3
	El % de habitantes que está consciente del riesgo en que vive es mayor al 67 % de la población total	1
	El % de habitantes que está consciente del riesgo en que vive está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes que está consciente del riesgo en que vive es menor al 34 % de la población total	3
Salud de la Población	La población tiene acceso a servicios básicos de calidad: agua, alcantarillado y recolección de desechos sólidos	1
	La población tiene acceso a servicios básicos de forma irregular: agua, alcantarillado y recolección de desechos sólidos	2
	La población no tiene acceso a servicios básicos: agua, alcantarillado y recolección de desechos sólidos	3
	La población tiene fácil acceso a la red pública y complementaria de salud y dispone de los medios necesarios (transporte)	1
	La población tiene fácil acceso a la red pública y complementaria de salud y no dispone de los medios necesarios (transporte)	2
	La población no tiene fácil acceso a la red pública y complementaria de salud y no dispone de los medios necesarios (transporte)	3

Aspecto	Indicadores para la ponderación	Pond
Actividades Económicas de la Población	El promedio de ingreso familiar mensual es superior al costo de la canasta familiar básica	1
	El promedio de ingreso familiar mensual es igual al costo de la canasta familiar básica	2
	El promedio de ingreso familiar mensual es inferior al costo de la canasta familiar básica	3
	Más del 67 % de las familias disponen de un trabajo que les garantiza un ingreso económico mensual estable - fijo	1
	Entre el 35 y 67 % de las familias disponen de un trabajo que les garantiza un ingreso económico mensual estable - fijo	2
	Menos del 34 % de las familias disponen de un trabajo que les garantiza un ingreso económico mensual estable - fijo	3
	El % de habitantes migrantes es menor al 34 % de la población total	1
	El % de habitantes migrantes está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes migrantes es mayor al 67 % de la población total	3
Socio culturales y organizativos de la Población	El % de habitantes creyentes es menor al 34 % de la población total	1
	El % de habitantes creyentes está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes creyentes es mayor al 67 % de la población total	3
	El % de familias organizadas en gestión de riesgos es mayor al 67 % del total de familias	1
	El % de familias organizadas en gestión de riesgos está entre 35 y 76 % del total de familias	2
	El % de familias organizadas en gestión de riesgos es menor al 34 % del total de familias	3
	El % de habitantes que considera organizado su barrio en gestión de riesgos es mayor al 67 % de la población total	1
	El % de habitantes que considera organizado su barrio en gestión de riesgos es entre el 35 y 76 % de la población total	2
	El % de habitantes que considera organizado su barrio en gestión de riesgos es menor al 34 % de la población total	3
	El sector accede con facilidad a medios de comunicación social	1
	El sector accede con dificultad a medios de comunicación social	2
	El sector no puede acceder a medios de comunicación social	3

Aspecto	Indicadores para la ponderación	Pond
Normativos e Institucionales	Existe un marco normativo e institucional vigente y aplicado	1
	Existe un marco normativo e institucional vigente pero no se aplica	2
	No existe un marco normativo e institucional vigente	3
	Existe inversión en obra pública acorde al marco normativo y la declaratoria de zona de riesgo	1
	Existe inversión en obra pública sin considerar el marco normativo y la declaratoria de zona de riesgo	2
	No existe inversión en obra pública	3
	Existe un fondos de contingencia para emergencias y desastres aprobado en el presupuesto del DMQ y la Administración Zonal	1
	Existe un fondos de contingencia para E y D establecido y no aprobado en el presupuesto del DMQ y la Administración Zonal	2
	No existe un fondos de contingencia para emergencias y desastres	3
	El % de habitantes que considera satisfactoria la administración local es mayor al 67 % de la población total	1
	El % de habitantes que considera satisfactoria la administración local está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes considera satisfactoria la administración local es menor al 34 % de la población total	3
	El % de habitantes que valora satisfactoriamente los SSBB en relación a la realidad local es mayor al 67 % de la población total	1
	El % de habitantes que valora satisfactoriamente los SSBB en relación a la realidad local está entre 35 y 67 % de la población total	2
	El % de habitantes que valora satisfactoriamente los SSBB en relación a la realidad local es menor al 34 % de la población total	3
Tenencia de la propiedad	La propiedad (terreno y casa) se encuentra legalizada y registrada en el GAD Municipal	1
	La propiedad (terreno y casa) se encuentra en proceso de legalización y registro en el GAD Municipal	2
	La propiedad (terreno y casa) no se encuentra legalizada	3

Tabla Nº 10.3. Indicadores y su relación ponderada como insumo para determinar la susceptibilidad cuantitativa

- c. **Identificación de elementos esenciales.**- La metodología de los **Elementos Esenciales – ES** tiene su origen en el PNUD y ha sido aplicado para determinar las premisas que permitan construir las Agendas de Reducción de Riesgos – ARR construidas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados – GAD como una herramienta de gestión de riesgos.

La metodología de elementos esenciales comprendió:

- 1) La comprensión del territorio mediante la elaboración del perfil de territorio
- 2) Sobre el territorio se identifican todos los elementos y componentes
- 3) Una vez identificados los elementos del territorio, estos fueron jerarquizados mediante 3 variables:
 - Cobertura poblacional/Territorial.- Cuanta población del sector está siendo servida por el elemento: < del 40% de la población = 1; del 40 al 50% de la población = 2; > del 50% de la población = 3
 - Funciones posibles en emergencias.- Capacidad de proveer además de los bienes y/o servicios usuales en tiempo normal, otro u otros servicios en tiempo de emergencia debido a características de su infraestructura, ubicación, espacio u otro factor: hasta dos funciones adicionales = 1; entre tres y cuatro funciones adicionales = 2; cinco o más funciones adicionales = 3
 - Alternativas operacionales.- Algunos elementos relevantes pueden ser sustituidos por otros cuando son dañados por un evento adverso: si tiene más de un sustituto = 1; si tiene un sustituto = 2; si es insustituible = 3
- 4) Luego se analizó la vulnerabilidad de cada uno de los elementos esenciales bajo los siguientes criterios: Dependencia/Autonomía, Calidad y permanencia de accesos, Frecuencia de fallas, Vulnerabilidad Física y Amenazas. Sobre esta base de manera participativa se identificaron las acciones de reducción de riesgos como objetivo final de la metodología.



Foto Nº 10.2. Identificación del “perfil del territorio” como estrategia de la metodología de Elementos Esenciales – Barrio Cristo Rey II

10.1.2 Análisis de Datos – Susceptibilidad Cuantitativa

Susceptibilidad demográfica

La susceptibilidad social – demográfica está determinada por la cantidad de población local según los grupos de atención prioritaria establecidos en el Art 35 de la Constitución Ecuatoriana; en este sentido, se han considerado los porcentajes de población menor a 5 años y adultos mayores. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond.	Suscept.
El % de habitantes en grupos vulnerables es menor al 34 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes en grupos vulnerables está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes en grupos vulnerables es mayor al 67 % de la población total	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Demográfico	Población vulnerable por distribución etarea	9,2	1,0	10,9	1,0	21,0	1,0	11,3	1,0	19,7	1,0
		Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
		16,5	1,0	15,2	1,0	18,3	1,0	22,1	1,0	13,2	1,0

Tabla Nº 10.4. Susceptibilidad socio demográfica por barrio en el área de estudio

De la Tabla Nº 10.4 se determina que los 10 barrios de la zona de estudio mantienen una susceptibilidad socio – demográfica BAJA (ponderación 1).

Susceptibilidad educativa de la población

La susceptibilidad social – educativa está determinada por la cantidad de población local con ningún nivel o con nivel primario de instrucción formal; por la cantidad de población que ha recibido instrucción informal en Gestión de Riesgos; y, por la cantidad de población que está consciente de su exposición al riesgo. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond	Suscept
El % de habitantes > de 18 años con ninguna instrucción formal o instrucción primaria formal es menor al 34 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes > de 18 años con ninguna instrucción formal o instrucción primaria formal está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes > de 18 años con ninguna instrucción formal o instrucción primaria formal es mayor al 76 % de la población total	3	ALTA
El % de habitantes que ha recibido capacitación informal en gestión de riesgos es mayor al 67 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes que ha recibido capacitación informal en gestión de riesgos está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes que ha recibido capacitación informal en gestión de riesgos es menor al 34 % de la población total	3	ALTA
El % de habitantes que está consciente del riesgo en que vive es mayor al 67 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes que está consciente del riesgo en que vive está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes que está consciente del riesgo en que vive es menor al 34 % de la población total	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Educación de la Población	Instrucción formal de la población	55,9	2	60,0	2	50,3	2	46,8	2	63,2	2
	Información y conocimiento de la población en gestión de riesgos	26,3	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	53,1	2
	Percepción del riesgo	100,0	1	100,0	1	18,8	3	100,0	1	65,6	2
	Suscept parcial		2,0		2,0		2,7		2,0		2,0

Tabla Nº 10.5. Susceptibilidad socio educativa por barrio en el área de estudio

En la Tabla Nº 10.5 se determina que el barrio 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).

Susceptibilidad en relación a la salud de la población

La susceptibilidad social – salud está determinada por la accesibilidad de la población a servicios de saneamiento básico y al Sistema Nacional de Salud – SNS, Red Pública de Salud – RPS en el primer nivel y Red Complementaria de salud – RCS. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond	Suscept
La población tiene acceso a servicios básicos de calidad: agua, alcantarillado y recolección de desechos sólidos	1	BAJA
La población tiene acceso a servicios básicos de forma irregular: agua, alcantarillado y recolección de desechos sólidos	2	MEDIA
La población no tiene acceso a servicios básicos: agua, alcantarillado y recolección de desechos sólidos	3	ALTA
La población tiene fácil acceso a la red pública y complementaria de salud y dispone de los medios necesarios (transporte)	1	BAJA
La población tiene fácil acceso a la red pública y complementaria de salud y no dispone de los medios necesarios (transporte)	2	MEDIA
La población no tiene fácil acceso a la red pública y complementaria de salud y no dispone de los medios necesarios (transporte)	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Salud de la Población	Acceso de la población a servicios básicos		1		3		1		2		2
	Acceso de la población a la Red Pública y Complementaria de Salud		2		2		1		1		2
	Suscept parcial		1,5		2,5		1,0		1,5		2,0
		Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
	Acceso de la población a servicios básicos		2		2		2		2		2
	Acceso de la población a la Red Pública y Complementaria de Salud		2		2		2		2		2
	Suscept parcial		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0

Tabla N° 10.6. Susceptibilidad social - salud por barrio en el área de estudio

En la Tabla N° 10.6 se determina que 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).

Susceptibilidad económica de la población

La susceptibilidad económica de la población está determinada por la cantidad de ingresos familiares al mes, el tipo de trabajo en relación a la estabilidad laboral y cantidad de población local migrante. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond	Suscept
El promedio de ingreso familiar mensual es superior al costo de la canasta familiar básica	1	BAJA
El promedio de ingreso familiar mensual es igual al costo de la canasta familiar básica	2	MEDIA
El promedio de ingreso familiar mensual es inferior al costo de la canasta familiar básica	3	ALTA
Más del 67 % de las familias disponen de un trabajo que les garantiza un ingreso económico mensual estable - fijo	1	BAJA
Entre el 35 y 67 % de las familias disponen de un trabajo que les garantiza un ingreso económico mensual estable - fijo	2	MEDIA
Menos del 34 % de las familias disponen de un trabajo que les garantiza un ingreso económico mensual estable - fijo	3	ALTA
El % de habitantes migrantes es menor al 34 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes migrantes está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes migrantes es mayor al 67 % de la población total	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Actividades Económicas de la Población	Ingresos económicos de la población		3		3		3		3		3
	Acceso a empleo de la población	37,5	2	43,6	2	53,3	2	37,1	2	42,7	2
	Migración de la población		1		1		1		1		1
	Suscept parcial		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0

Tabla Nº 10.7. Susceptibilidad económica de la población por barrio en el área de estudio

De la Tabla Nº 10.7 se determina que los 10 barrios de la zona de estudio mantienen una susceptibilidad socio – económica MEDIA (ponderación 2).

Susceptibilidad cultural y organizativa de la población

La susceptibilidad cultural y organizativa de la población está determinada por la cantidad poblacional con creencias religiosas establecidas, la cantidad de familias organizadas para enfrentar un evento adverso, la cantidad de dirigentes que consideran estar organizados a nivel barrial ante las emergencias y desastres y la accesibilidad a medios de comunicación locales. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond	Suscept
El % de habitantes creyentes es menor al 34 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes creyentes está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes creyentes es mayor al 67 % de la población total	3	ALTA
El % de familias organizadas en gestión de riesgos es mayor al 67 % del total de familias	1	BAJA
El % de familias organizadas en gestión de riesgos está entre 35 y 76 % del total de familias	2	MEDIA
El % de familias organizadas en gestión de riesgos es menor al 34 % del total de familias	3	ALTA
El % de habitantes que considera organizado su barrio en gestión de riesgos es mayor al 67 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes que considera organizado su barrio en gestión de riesgos es entre el 35 y 76 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes que considera organizado su barrio en gestión de riesgos es menor al 34 % de la población total	3	ALTA
El sector accede con facilidad a medios de comunicación social	1	BAJA
El sector accede con dificultad a medios de comunicación social	2	MEDIA
El sector no puede acceder a medios de comunicación social	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Socio culturales y organizativos de la Población	Pertenencia religiosa de la población	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3
	Organización familiar para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	10,0	3	0,0	3	31,3	3
	Organización comunitaria para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	62,5	2	0,0	3	0,0	3
	Acceso de la comunidad a medios de comunicación		1		1		1		1		1
	Suscept parcial		2,5		2,5		2,3		2,5		2,5
		Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
	Pertenencia religiosa de la población	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3
	Organización familiar para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	5,0	3	0,0	3	65,3	2
	Organización comunitaria para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	65,3	2
	Acceso de la comunidad a medios de comunicación		1		1		1		1		1
	Suscept parcial		2,5		2,5		2,5		2,5		2,0

Tabla N° 10.8. Susceptibilidad cultural y organizativa por barrio en el área de estudio

De la Tabla N° 10.8 se determina que el barrio Terrazas de Bellavista mantiene una susceptibilidad socio cultural y organizativo MEDIA (ponderación 2); mientras que, el resto de barrios presentan una susceptibilidad ALTA (rango ponderado entre 2,1 y 3,0).

Susceptibilidad de la población en relación a la normativa e institucionalidad

La susceptibilidad normativa e institucional en relación directa al área de estudio se ha determinado por la existencia y aplicación de un marco normativo que regule el desarrollo actual urbano y poblacional, la gestión para la inversión pública en el área de estudio, la existencia de un fondo económico de contingencia que apoye al sector en caso de presentarse un evento adverso y en caso de entrar a negociar la relocalización, la aceptación a la administración pública local por parte de población en el área de estudio, y la valoración que da la población local a la disponibilidad de servicios básicos. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond	Suscept
Existe un marco normativo e institucional vigente y aplicado	1	BAJA
Existe un marco normativo e institucional vigente pero no se aplica	2	MEDIA
No existe un marco normativo e institucional vigente	3	ALTA
Existe inversión en obra pública acorde al marco normativo y la declaratoria de zona de riesgo	1	BAJA
Existe inversión en obra pública sin considerar el marco normativo y la declaratoria de zona de riesgo	2	MEDIA
No existe inversión en obra pública	3	ALTA
Existe un fondos de contingencia para emergencias y desastres aprobado en el presupuesto del DMQ y la Administración Zonal	1	BAJA

Existe un fondos de contingencia para E y D establecido y no aprobado en el presupuesto del DMQ y la Administración Zonal	2	MEDIA
No existe un fondos de contingencia para emergencias y desastres	3	ALTA
El % de habitantes que considera satisfactoria la administración local es mayor al 67 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes que considera satisfactoria la administración local está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes considera satisfactoria la administración local es menor al 34 % de la población total	3	ALTA
El % de habitantes que valora satisfactoriamente los SSBB en relación a la realidad local es mayor al 67 % de la población total	1	BAJA
El % de habitantes que valora satisfactoriamente los SSBB en relación a la realidad local está entre 35 y 67 % de la población total	2	MEDIA
El % de habitantes que valora satisfactoriamente los SSBB en relación a la realidad local es menor al 34 % de la población total	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.		
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	
Normativos e institucionales	Marco normativo e institucional para la regulación de asentamientos humanos en la zona de estudio		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
	Inversión en obra pública		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
	Fondos de contingencia para emergencias y desastres		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
	Aceptación de la administración pública local	100,0	1,0	100,0	1,0	91,3	1,0	100,0	1,0	0,0	3,0	
	Valoración de los servicios básicos locales	0,0	3,0	0,0	3,0	100,0	1,0	0,0	3,0	93,8	1,0	
	Suscept parcial		1,4		1,4		1,0		1,4		1,4	
			Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
			% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
	Marco normativo e institucional para la regulación de asentamientos humanos en la zona de estudio			1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Inversión en obra pública			1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Fondos de contingencia para emergencias y desastres			1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Aceptación de la administración pública local	0,0	3,0	45,5	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0	
	Valoración de los servicios básicos locales	0,0	3,0	100,0	1,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0	
	Suscept parcial			1,8		1,2		1,8		1,8		1,8

Tabla Nº 10.9. Susceptibilidad normativa e institucional

De la Tabla N° 10.9 se determina que el barrio Cristo Rey I mantiene una susceptibilidad BAJA (ponderación 1); mientras que, el resto de barrios presentan una susceptibilidad MEDIA (rango ponderado entre 1,1 y 2,0).

Susceptibilidad en relación a la tenencia de la propiedad

La susceptibilidad de la población en relación al tipo de tenencia de la propiedad se determinó en consideración al estado de legalización en el GAD M. Los indicadores y su relación ponderada corresponden a:

Indicadores para la ponderación	Pond	Suscept
La propiedad (terreno y casa) se encuentra legalizada y registrada en el GAD Municipal	1	BAJA
La propiedad (terreno y casa) se encuentra en proceso de legalización y registro en el GAD Municipal	2	MEDIA
La propiedad (terreno y casa) no se encuentra legalizada	3	ALTA

Aspecto	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Tenencia de la propiedad	Tenencia de la propiedad		2,0		1,0		2,0		2,0		3,0
		Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
			1,0		3,0		2,0		1,0		3,0

Tabla N° 10.10. Susceptibilidad en relación al tipo de tenencia de la propiedad

En la Tabla N° 10.10 se establecen con susceptibilidad BAJA a 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.

La sumatoria de los niveles de susceptibilidad parciales de los 7 aspectos evaluados, proporciona la susceptibilidad social global por barrio o sector (Matrices de Susceptibilidad Total por Barrio)⁴, de esta manera en la Tabla N° 10.11 se presentan los barrios según su vulnerabilidad social de forma ascendente.

N°	Barrio	Suscept Total	Nivel Suscept
1	Cristo Rey I	1,7	MEDIA
2	Campo Alegre	1,8	MEDIA
3	Colina de Bellavista	1,8	MEDIA
4	Cristo Rey II	1,8	MEDIA
5	Mira Quito	1,8	MEDIA
6	Planadas de San Francisco	1,8	MEDIA
7	San Vicente	1,8	MEDIA
8	Terrazas de Bellavista	1,9	MEDIA
9	Laderas de San Francisco	2,1	ALTA
10	Pedregal	2,1	ALTA

Tabla N° 10.11. Susceptibilidad total por barrio en el área de estudio

⁴ Constan en el numeral 10.1.5

Zonificación de la susceptibilidad social

En consideración a la Tabla N° 10.11, en la Figura N° 10.1 se presenta la zonificación de la susceptibilidad social por cada uno de los barrios en el área de estudio.

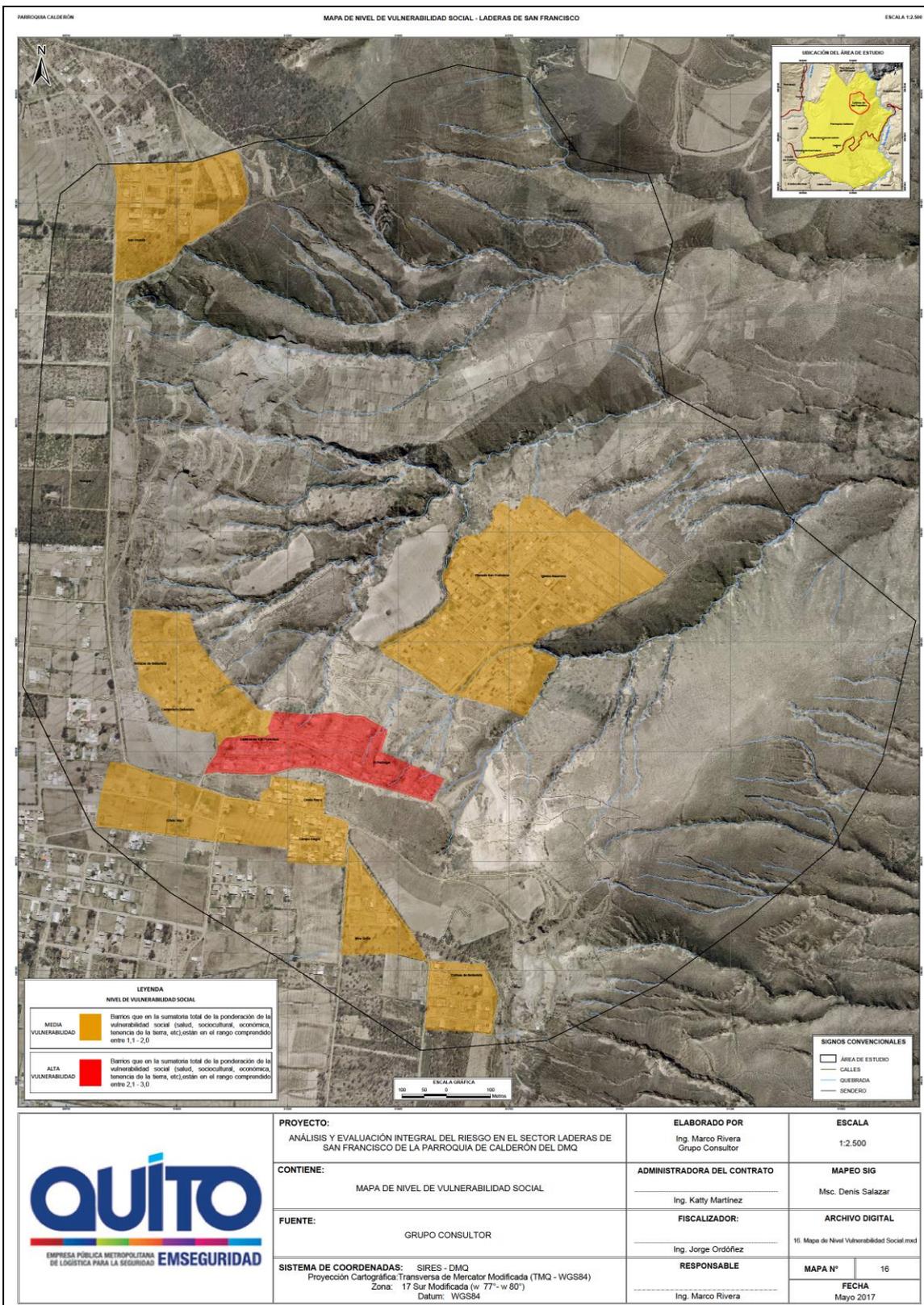


Figura N° 10.1. Zonificación de la Vulnerabilidad social en el área de estudio

10.1.3 Análisis de Datos – Susceptibilidad Cualitativa

El modelo de percepción del riesgo por parte de la población local diversifica una serie de amenazas y vulnerabilidades que sin duda alguna guardan relación con el tema del proyecto, de esta manera y mediante la metodología del AVC, en talleres participativos con enfoque andragógico y dinámicas grupales se identificaron una serie de aspectos que están alrededor de la susceptibilidad social.

En la Tabla Nº 10.12 se describen otras amenazas de origen natural, antrópicas (causadas por el ser humano) y socio naturales, de igual manera las vulnerabilidades de la población.

Amenaza/problema	De qué modo o como me afecta	Cuál es la debilidad, por que ocurre esto (vulnerabilidad)
Presencia de delincuencia	Existe el riesgo de asaltos que atentan contra la propiedad, la salud y la vida Se ha generado una mala imagen de los barrios de la zona media y baja Discriminación a ciertos barrios	Situación económica actual y escasez de fuentes de empleo No existe alumbrado público en muchos sectores de los barrios Existe poco control por parte de la Policía Nacional Falta de organización familiar y barrial mal estado de las vías que impide la creación de rutas para el transporte público hacia la zona del proyecto Alcoholismos y drogadicción Crisis de valores familiares
Sismos	Daños en la infraestructura y en las vías	Casas que no están bien construidas No hay capacitación No hay organización No se dispone de herramientas para prepararnos
Deslizamientos de tierra e inundaciones	Produce la pérdida de bienes Existe un riesgo a la salud por la presencia de malos olores y animales vectores (roedores e insectos) Existe un riesgo a la vida de la población	En la parte alta no existen obras civiles que acumulen y conduzcan las aguas lluvias adecuadamente No se cuenta con sistemas de alcantarillado en la parte alta, media y baja Existen fugas de agua potable en la parte alta, no hacen mantenimiento de los sistemas de agua
Enfermedades varias	Malestar de la población Inconformidad y desobligo de la población Repudio hacia las autoridades locales	Falta de servicios básicos como agua potable, alcantarillado La operación de canteras
Incendios estructurales	Daños a la propiedad privada y la vida misma	Instalaciones eléctricas en mal estado Las familias no cuentan con capacitación ni recursos para enfrentar un incendio No existe apoyo gubernamental

Tabla Nº 10.12. Identificación de amenazas y vulnerabilidades - AVC

Elaboración: Equipo consultor – componente social

Fuente: Talleres comunitarios



Foto N° 10.3. Dinámica grupal para determinar nivel de organización comunitaria Barrio Laderas de San Francisco



Foto N° 10.4. Análisis de Amenazas y Vulnerabilidades – AVC – Barrio Terrazas de Bellavista

10.1.4 Identificación y localización de Elementos Expuestos

La Constitución del Ecuador establece que: “El territorio del Ecuador constituye una unidad geográfica e histórica de dimensiones naturales, sociales y culturales...”, lo que determina el primer punto de partida para comprender todos estos elementos. En este sentido y por mandato de la Constitución, el objetivo de la gestión de riesgos es minimizar la condición de vulnerabilidad para asegurar el Buen Vivir, que según la propia constitución tiene como precondition una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza.

Todos los territorios tienen un conjunto de **componentes y procesos claves** para sostener el flujo de personas, bienes y servicios que dan carácter y vida a su desarrollo. Son componentes que soportan el funcionamiento y cambio de los sistemas naturales, socioeconómicos, y político-administrativos (Manual del CGR/COE, 2014). Estos componentes tienen en su interior algunos elementos que permiten su funcionamiento dentro del territorio, no todos los elementos tienen la misma importancia, por lo que es necesario identificar los realmente importantes (elementos esenciales).

La identificación, caracterización, priorización y cuidado de estos “elementos” garantizará:

- a. Proteger la vida humana ante riesgos de origen natural o antrópico
- b. Reducir los niveles de riesgos que afectan el funcionamiento adecuado de los elementos y componentes
- c. Orientar la recuperación después de eventos adversos.

Mediante trabajo grupal, la población identificó y categorizó a los elementos del territorio aplicando los criterios de cobertura, funciones posibles en emergencias y alternativas operacionales, en la Tabla N° 10.13 se muestran los resultados sistematizados.

Elemento	Variable			Total	Nivel de importancia
	Cobertura	Funciones posibles	Alternativas operacionales		
Agua de consumo humano	3	3	2	8	ALTO
Alcantarillado	1	1	2	4	MEDIO
Recolector de basura	1	1	1	3	BAJO
Electrificación	3	2	2	7	ALTO
Quebradas	3	1	3	7	ALTO
Personas	3	3	3	9	ALTO
Casas	3	3	2	8	ALTO
Tiendas	1	1	1	3	BAJO
Canchas deportivas	2	3	1	6	MEDIO
Árboles	1	1	1	3	BAJO
Canteras	1	1	1	3	BAJO
Caminos	3	3	1	7	ALTO
Adoquinado	1	1	1	3	BAJO
Pequeños emprendimientos	1	1	1	3	BAJO
Bajo: 1 - 3					
Medio: 4 - 6					
Alto: 7 - 9					

Tabla N° 10.13. Matriz de importancia de elementos del territorio

En la Figura N° 10.2 se ilustra el perfil de territorio y sus elementos de alta y media importancia (elementos esenciales).

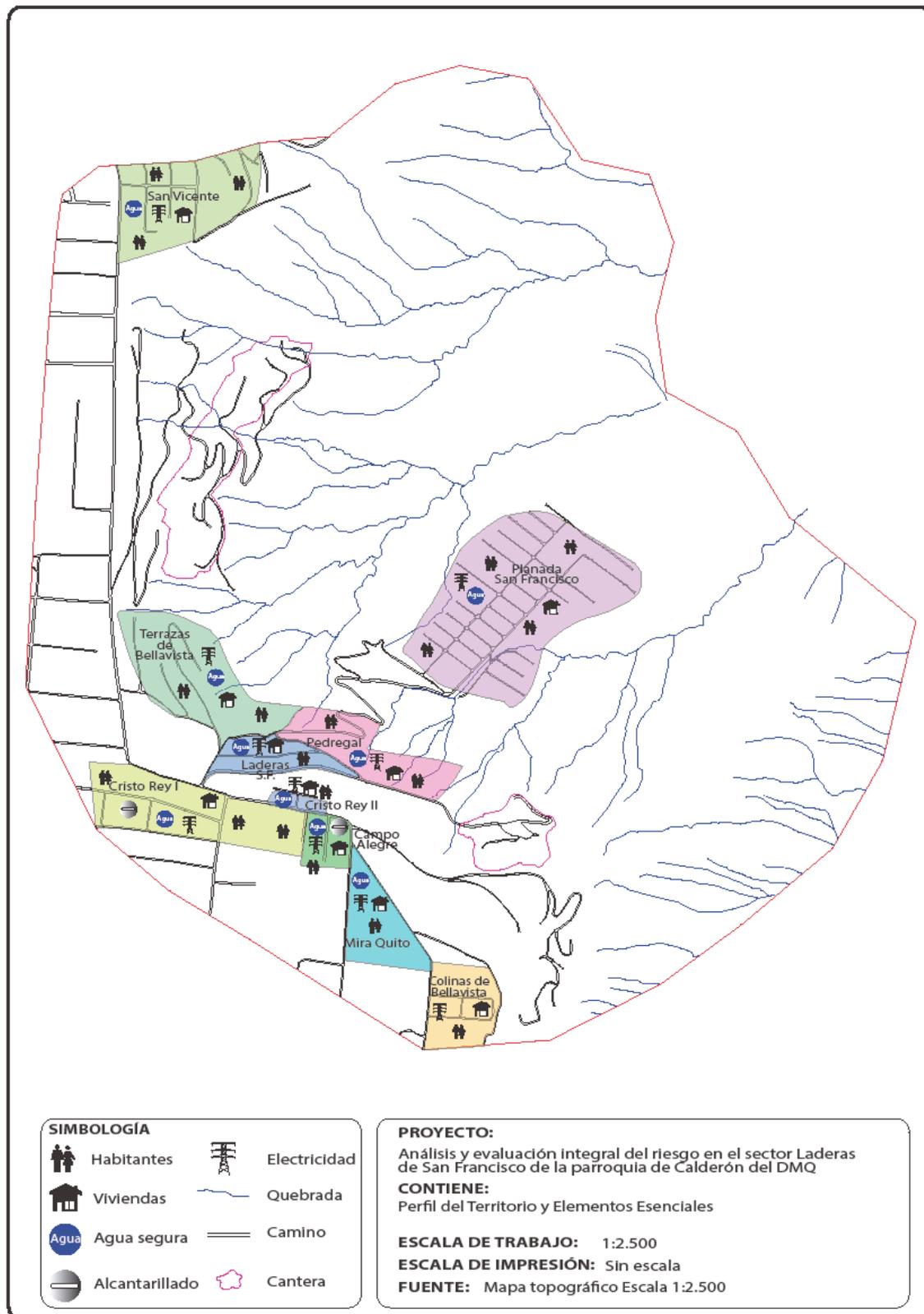


Figura N° 10.2. Perfil del Territorio

Los Elementos Esenciales – EE fueron evaluados según su vulnerabilidad a través de los criterios de dependencia/autonomía, calidad y permanencia de accesos, frecuencia de fallas, vulnerabilidad física, amenazas, los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad de los EE se presenta en la Tabla N° 10.14.

Elemento	Dependencia/ autonomía	Calidad y permanencia de accesos	Frecuencia de fallas	Amenazas			Total
				Sismos	Deslizam.	Erupción. Volcánica	
Agua de consumo humano	1	1	1	1	1	1	6
Alcantarillado	1	0	0	1	1	0	3
Electrificación	1	0	1	1	1	1	5
Quebradas	0	0	0	0	0	1	1
Personas	1	1	1	1	1	1	6
Casas	1	1	1	1	1	1	6
Canchas deportivas	1	0	0	0	1	1	3
Caminos	1	1	1	0	1	1	5

Tabla N° 10.14. Matriz de vulnerabilidad de elementos esenciales

De la Tabla N° 10.13 y el análisis correspondiente, los elementos esenciales que mayor atención requieren en orden de prioridad por que no deben faltar en el territorio son:

- La población (personas)
- Agua de consumo humano
- Casas – viviendas
- Caminos
- Electrificación
- Alcantarillado
- Canchas deportivas
- Quebradas

El alcantarillado deja de tomar importancia debido a la cobertura total; pues, apenas dos barrios y una parte de otro lo disponen actualmente.

10.1.5 Matrices de Sistematización

A continuación se presentan las Matrices de Sistematización del Diagnóstico Social y Susceptibilidad Total por Barrio.

MATRICES DE SISTEMATIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO SOCIAL

COMPOSICIÓN POBLACIONAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO										
Barrio/Sector	Nº Fam	Población por grupos etareos						Distribución por género		
		0 a 5	6 a 9	10 a 19	20 a 64	> 65	Total	Mac	Fem	Total
Campo Alegre	38	14	10	52	76	0	152	77	75	152
	8,6	9,2	6,6	34,2	50,0	0,0	100,0	50,7	49,3	100,0
Colinas de Bellavista	12	4	5	13	31	2	55	29	26	55
	2,7	7,3	9,1	23,6	56,4	3,6	100,0	52,7	47,3	100,0
Cristo Rey I	80	50	38	63	136	13	300	180	120	300
	18,1	16,7	12,7	21,0	45,3	4,3	100,0	60,0	40,0	100,0
Cristo Rey II	15	4	8	15	32	3	62	34	28	62
	3,4	6,5	12,9	24,2	51,6	4,8	100,0	54,8	45,2	100,0
Laderas de San Francisco	32	13	11	21	62	10	117	58	59	117
	7,3	11,1	9,4	17,9	53,0	8,5	100,0	49,6	50,4	100,0
Mira Quito	21	11	8	20	43	3	85	43	42	85
	4,8	12,9	9,4	23,5	50,6	3,5	100,0	50,6	49,4	100,0
Pedregal	33	14	13	18	75	5	125	71	54	125
	7,5	11,2	10,4	14,4	60,0	4,0	100,0	56,8	43,2	100,0
Planada de San Francisco	101	15	14	43	139	29	240	114	126	240
	22,9	6,3	5,8	17,9	57,9	12,1	100,0	47,5	52,5	100,0
San Vicente	60	14	12	24	105	26	181	88	93	181
	13,6	7,7	6,6	13,3	58,0	14,4	100,0	48,6	51,4	100,0
Terrazas de Bellavista	49	12	15	33	84	8	152	77	75	152
	11,1	7,9	9,9	21,7	55,3	5,3	100,0	50,7	49,3	100,0
TOTALES	441	151	134	302	783	99	1469	771	698	1469
PROCENTAJES	100,0	10,3	9,1	20,6	53,3	6,7	100,0	52,5	47,5	100,0

INSTRUCCIÓN FORMAL DE LA POBLACIÓN						
Barrio/Sector	Nivel de instrucción formal					Población vulnerable
	Ninguna	Primar	Secud	Super	Total	
Campo Alegre	10	75	62	5	152	85
	6,6	49,3	40,8	3,3	100	
Colinas de Bellavista	4	29	20	2	55	33
	7,3	52,7	36,4	3,6	100,0	
Cristo Rey I	38	113	104	45	300	151
	12,7	37,7	34,7	15,0	100,0	
Cristo Rey II	4	25	31	2	62	29
	6,5	40,3	50,0	3,2	100,0	
Laderas de San Francisco	12	62	38	5	117	74
	10,3	53,0	32,5	4,3	100,0	
Mira Quito	7	46	26	6	85	53
	8,2	54,1	30,6	7,1	100,0	
Pedregal	12	67	40	6	125	79
	9,6	53,6	32,0	4,8	100,0	
Planada de San Francisco	29	121	81	9	240	150
	12,1	50,4	33,8	3,8	100,0	
San Vicente	30	81	64	6	181	111
	16,6	44,8	35,4	3,3	100,0	
Terrazas de Bellavista	14	74	56	8	152	88
	9,2	48,7	36,8	5,3	100,0	
TOTALES	160	693	522	94	1469	853
PORCENTAJES	10,9	47,2	35,5	6,4	100,0	

CONOCIMIENTO DE LA POBLACIÓN EN GESTIÓN DE RIESGOS				
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Capacitación en G.R.		
		SI	NO	
Campo Alegre	38	10	28	
	8,6	26,3	73,7	
Colinas de Bellavista	12	0	12	
	2,7	0	100	
Cristo Rey I	80	0	80	
	18,1	0,0	100,0	
Cristo Rey II	15	0	15	
	3,4	0,0	100,0	
Laderas de San Francisco	32	17	15	
	7,3	53,1	46,9	
Mira Quito	21	0	21	
	4,8	0,0	100,0	
Pedregal	33	0	33	
	7,5	0,0	100,0	
Planada de San Francisco	101	90	11	
	22,9	89,1	10,9	
San Vicente	60	0	60	
	13,6	0,0	100,0	
Terrazas de Bellavista	49	32	17	
	11,1	65,3	34,7	
TOTALES	441	149	292	441
PORCENTAJES		33,8	66,2	100,0

PERCEPCIÓN DE EXPOSICIÓN AL RIESGO				
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Percepción de exposición al riesgo		
		SI	NO	
Campo Alegre	38	38	0	
	8,6	100	0	
Colinas de Bellavista	12	12	0	
	2,7	100	0	
Cristo Rey I	80	15	65	
	18,1	18,8	81,3	
Cristo Rey II	15	15	0	
	3,4	100,0	0,0	
Laderas de San Francisco	32	21	11	
	7,3	65,6	34,4	
Mira Quito	21	21	0	
	4,8	100,0	0,0	
Pedregal	33	33	0	
	7,5	100,0	0,0	
Planada de San Francisco	101	80	21	
	22,9	79,2	20,8	
San Vicente	60	60	0	
	13,6	100,0	0,0	
Terrazas de Bellavista	49	49	0	
	11,1	100,0	0,0	
TOTALES	441	344	97	441
PORCENTAJES		78,0	22,0	100,0

PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD - PARROQUIA CALDERÓN - C.S. MARIANITAS					
Número	Descripción	HOMBRES		MUJERES	
		Consultas	Porcentaje	Consultas	Porcentaje
1	Parasitosis Intestinal	735	36,97	724	39,48
2	Rinofaringitis aguda	490	24,65	418	22,79
3	Amigdalitis Aguda	191	9,61	215	11,72
4	Faringitis Aguda	214	10,76	191	10,41
5	Anemias por deficiencia de hierro	153	7,70	101	5,51

PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD - PARROQUIA CALDERÓN - C.S. SAN JUAN					
Número	Descripción	HOMBRES		MUJERES	
		Consultas	Porcentaje	Consultas	Porcentaje
1	Rinofaringitis aguda	294	49,92	243	38,33
2	Enfermedades de transmisión sexual no especificada			184	29,2
3	Parasitosis Intestinal	88	14,94	51	8,04
4	Amigdalitis Aguda	74	12,56	17	2,68
5	Faringitis Aguda	48	8,15	18	2,84

ACCESO A SERVICIOS DE SALUD - AMBULATORIO - PRIMER NIVEL							
Barrio/Sector	Nº. Fam	Acceso a servicios de salud					Motivos
		C.S. San Juan	C.S. Marianitas	Hospital/IESS	Privado	Total	
Campo Alegre	38	19	14	4	1	38	Facilidad de acceso (distancia) y calidad de atención
Colinas de Bellavista	12	6	6			12	
Cristo Rey I	80	35	38	5	2	80	
Cristo Rey II	15	12	3			15	
Laderas de San Francisco	32	7	20	4	1	32	
Mira Quito	21	14	7			21	
Pedregal	33	21	12			33	
Planada de San Francisco	101	60	30	10	1	101	
San Vicente	60	38	16	1	5	60	
Terrazas de Bellavista	49	19	27	2	1	49	
TOTALES	441	231	173	26	11	441	
PROCENTAJES		52,4	39,2	5,9	2,5	100,0	

ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA POBLACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO						
Barrio/Sector	Nº Fam	Total Pobl	Población que trabaja	%	Ing. Prm mes	Migración por trabajo
Campo Alegre	38	152	57	37,5	375	
	8,6					
Colinas de Bellavista	12	55	24	43,6	376	1
	2,7					
Cristo Rey I	80	300	160	53,3	486	
	18,1					
Cristo Rey II	15	62	23	37,1	388	2
	3,4					
Laderas de San Francisco	32	117	50	42,7	258	1
	7,3					
Mira Quito	21	85	38	44,7	429	1
	4,8					
Pedregal	33	125	49	39,2	387	2
	7,5					
Planada de San Francisco	101	240	136	56,7	375	4
	22,9					
San Vicente	60	181	86	47,5	371	
	13,6					
Terrazas de Bellavista	49	152	71	46,7	410	1
	11,1					
TOTALES	441	1469	694		3855	12
PORCENTAJES			47,2		385,5	0,8

PREFERENCIA RELIGIOSA DE LA POBLACIÓN				
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Perteneencia religiosa		
		Cato	Cris/Evang	Otra
Campo Alegre	38	38	0	0
	8,6	100	0	0
Colinas de Bellavista	12	12	0	0
	2,7	100	0	0
Cristo Rey I	80	75	5	0
	18,1	93,8	6,3	0,0
Cristo Rey II	15	10	5	0
	3,4	66,7	33,3	0,0
Laderas de San Francisco	32	29	3	0
	7,3	90,6	9,4	0,0
Mira Quito	21	21	0	0
	4,8	100,0	0,0	0,0
Pedregal	33	22	11	0
	7,5	66,7	33,3	0,0
Planada de San Francisco	101	85	16	0
	22,9	84,2	15,8	0,0
San Vicente	60	50	10	0
	13,6	83,3	16,7	0,0
Terrazas de Bellavista	49	29	11	9
	11,1	59,2	22,4	18,4
TOTALES	441	371	61	9
PORCENTAJES		84,1	13,8	2,0

NIVEL DE ORGANIZACIÓN FAMILIAR PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS				
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Organización familiar		
		SI	NO	
Campo Alegre	38	0	38	
	8,6	0	100	
Colinas de Bellavista	12	0	12	
	2,7	0	100	
Cristo Rey I	80	8	72	
	18,1	10,0	90,0	
Cristo Rey II	15	0	15	
	3,4	0,0	100,0	
Laderas de San Francisco	32	10	22	
	7,3	31,3	68,8	
Mira Quito	21	0	21	
	4,8	0,0	100,0	
Pedregal	33	0	33	
	7,5	0,0	100,0	
Planada de San Francisco	101	5	96	
	22,9	5,0	95,0	
San Vicente	60	0	60	
	13,6	0,0	100,0	
Terrazas de Bellavista	49	32	17	
	11,1	65,3	34,7	
TOTALES	441	55	386	441
PORCENTAJES		12,5	87,5	100,0

NIVEL DE ORGANIZACIÓN COMUNITARIA PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS				
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Organización comunitaria		
		SI	NO	
Campo Alegre	38	0	38	
	8,6	0	100	
Colinas de Bellavista	12	0	12	
	2,7	0	100	
Cristo Rey I	80	50	30	
	18,1	62,5	37,5	
Cristo Rey II	15	0	15	
	3,4	0,0	100,0	
Laderas de San Francisco	32	0	32	
	7,3	0,0	100,0	
Mira Quito	21	0	21	
	4,8	0,0	100,0	
Pedregal	33	0	33	
	7,5	0,0	100,0	
Planada de San Francisco	101	0	101	
	22,9	0,0	100,0	
San Vicente	60	0	60	
	13,6	0,0	100,0	
Terrazas de Bellavista	49	32	17	
	11,1	65,3	34,7	
TOTALES	441	82	359	441

INTENCIÓN Y CONDICIONES PARA LA REUBICACIÓN					
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Reubicación			
		SI	NO	Condiciones	
Campo Alegre	38	0	38		
	8,6	0	100		
Colinas de Bellavista	12	0	12		
	2,7	0	100		
Cristo Rey I	80	0	80		
	18,1	0,0	100,0		
Cristo Rey II	15	0	15		
	3,4	0,0	100,0		
Laderas de San Francisco	32	10	22	Apoyo municipal	
	7,3	31,3	68,8		
Mira Quito	21	21	0	Reembolso de todo lo invertido	
	4,8	100,0	0,0		
Pedregal	33	0	33		
	7,5	0,0	100,0		
Planada de San Francisco	101	30	71	Casas similares	
	22,9	29,7	70,3		
San Vicente	60	20	40	Según evaluación técnica	
	13,6	33,3	66,7		
Terrazas de Bellavista	49	0	49		
	11,1	0,0	100,0		
TOTALES	441	81	360		
PORCENTAJES		18,4	81,6		
				441	100,0

VALORACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA ZONAL					
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Confianza en la administración pública			
		Buena	Mala	Regular	Pésima
Campo Alegre	38	38	0	0	0
	8,6	100	0	0	0
Colinas de Bellavista	12	12	0	0	0
	2,7	100	0	0	0
Cristo Rey I	80	65	15	0	0
	18,1	81,3	18,8	0,0	0,0
Cristo Rey II	15	15	0	0	0
	3,4	100,0	0,0	0,0	0,0
Laderas de San Francisco	32	0	9	10	13
	7,3	0,0	28,1	31,3	40,6
Mira Quito	21	0	0	21	0
	4,8	0,0	0,0	100,0	0,0
Pedregal	33	15	0	0	18
	7,5	45,5	0,0	0,0	54,5
Planada de San Francisco	101	0	50	51	0
	22,9	0,0	49,5	50,5	0,0
San Vicente	60	0	0	60	0
	13,6	0,0	0,0	100,0	0,0
Terrazas de Bellavista	49	0	17	32	0
	11,1	0,0	34,7	65,3	0,0
TOTALES	441	145	91	174	31
PORCENTAJES		32,9	20,6	39,5	7,0
					441
					100,0

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS BÁSICOS					
BARRIO/SECTOR	TOTAL JEFES FAMILIA	Satisfacción de servicios básicos			
		Buena	Mala	Regular	Pésima
Campo Alegre	38	0	0	38	0
	8,6	0	0	100	0
Colinas de Bellavista	12	0	0	0	12
	2,7	0	0	0	100
Cristo Rey I	80	80	0	0	0
	18,1	100,0	0,0	0,0	0,0
Cristo Rey II	15	0	7	0	8
	3,4	0,0	46,7	0,0	53,3
Laderas de San Francisco	32	30	1	1	0
	7,3	93,8	3,1	3,1	0,0
Mira Quito	21	0	0	0	21
	4,8	0,0	0,0	0,0	100,0
Pedregal	33	33	0	0	0
	7,5	100,0	0,0	0,0	0,0
Planada de San Francisco	101	0	0	80	21
	22,9	0,0	0,0	79,2	20,8
San Vicente	60	0	40	0	20
	13,6	0,0	66,7	0,0	33,3
Terrazas de Bellavista	49	0	0	32	17
	11,1	0,0	0,0	65,3	34,7
TOTALES	441	143	48	151	99
PORCENTAJES		32,4	10,9	34,2	22,4
					441
					100,0

DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BÁSICOS				
Barrio/Sector	Servicios Básicos			
	Agua	Alcant.	Electricidad	Des. Sólidos
Campo Alegre	Medidores independientes	SI	Medidores independientes	Martes y Sábado
Colinas de Bellavista	Tanquero	NO	100% con 13 medidores	1/semana
Cristo Rey I	Medidores independientes	Si	50%	2/semana
Cristo Rey II	20 medidores	Solo calle Atahualpa	Medidores independientes	Sábados
Laderas de San Francisco	Medidores independientes	NO	Medidores independientes	Jueves
Mira Quito	4 medidores	NO	100%	1/semana
Pedregal	27 medidores	NO	17 medidores	Jueves
Planada de San Francisco	3 medidores	NO	100%	1/semana
San Vicente	1 medidor	NO	4 medidores	Sábados
Terrazas de Bellavista	1 medidor	NO	8 medidores	Jueves

ESTADO LEGAL DE LA TENENCIA (TERRENO - CASA)			
Barrio/Sector	Tiempos de adquisición y tipo de tenencia		
	Tiempo Compra	Tiempo Viven	Tenencia
Campo Alegre	2005	2005	Macro Lotes con escrituras y dentro de estos hay Derechos y Acciones - Escrituras individuales
Colinas de Bellavista	1999	2000	Legalizado
Cristo Rey I	1977	1987	Macro Lotes con escrituras y dentro de estos hay Derechos y Acciones
Cristo Rey II	2002	2003	Macro Lotes con escrituras y dentro de estos hay Derechos y Acciones
Laderas de San Francisco	1995	1995	Ilegal: Con 11 escrituras públicas individuales
Mira Quito	2004	2009	Legalizado con escrituras individuales (menos 3 lotes)
Pedregal	2004	2005	Ilegal: Escritura madre sin derecho de acciones
Planada de San Francisco			Proceso
San Vicente	1997	2002	Legal: Escritura de macro lote en derechos y acciones
Terrazas de Bellavista	2002	2003	Ilegal: Escritura madre sin derecho de acciones

CARACTERÍSTICAS Y COSTOS DE INVERSIÓN Y REPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA						
Barrio/Sector	Nº lotes	Nº Lotes con vivienda (hab/deshab)	Sup. Construida promedio (m2)	Prom inversión (usd)	Prom reposición (usd)	Total reposición (usd)
Campo Alegre	48	40	142,67	18166,67	21000,00	840000
						0
Colinas de Bellavista	48	11	95,92	20273,00	30500,00	335500
						0
Cristo Rey I	174	84	240,70	83333,30	200000,00	16800000
						0
Cristo Rey II	21	15	97,43	19014,30	34384,60	515769
						0
Laderas de San Francisco	59	45	76,25	10310,70	20750,00	933750
						0
Mira Quito	31	11	77,06	7323,50	19400,00	213400
						0
Pedregal	42	42	59,52	6600,00	13344,80	560482
						0
Planada de San Francisco	268	150	60,80	7282,10	12850,00	1927500
						0
San Vicente	197	70	102,62	15950,00	26524,00	1856680
						0
Terrazas de Bellavista	117	42	95,10	13176,00	19812,00	832104
						0
TOTALES	1005	510				24815184,6

SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR BARRIO

EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR ASPECTO, VARIABLE Y BARRIO											
Aspecto	Variable evaluada	Campo Alegre		Colinas Bellav.		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Demográficos	Población vulnerable por distribución etarea	9,2	1,0	10,9	1,0	21,0	1,0	11,3	1,0	19,7	1,0
Educación de la Población	Instrucción formal de la población	55,9	2	60,0	2	50,3	2	46,8	2	63,2	2
	Información y conocimiento de la población en gestión de riesgos	26,3	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	53,1	2
	Percepción del riesgo	100,0	1	100,0	1	18,8	3	100,0	1	65,6	2
	Susceptibilidad parcial		2,0		2,0		2,7		2,0		2,0
Salud de la Población	Acceso de la población a servicios básicos		1		3		1		2		2
	Acceso de la población a la Red Pública y Complementaria de Salud		2		2		1		1		2
	Susceptibilidad parcial		1,5		2,5		1,0		1,5		2,0
Actividades Económicas de la Población	Ingresos económicos de la población		3		3		3		3		3
	Acceso a empleo de la población	37,5	2	43,6	2	53,3	2	37,1	2	42,7	2
	Migración de la población		1		1		1		1		1
	Susceptibilidad parcial		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0
Socio culturales y organizativos de la Población	Pertenencia religiosa de la población	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3
	Organización familiar para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	10,0	3	0,0	3	31,3	3
	Organización comunitaria para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	62,5	2	0,0	3	0,0	3
	Acceso de la comunidad a medios de comunicación		1		1		1		1		1
	Susceptibilidad parcial		2,5		2,5		2,3		2,5		2,5
Normativos e institucionales	Marco normativo e institucional para la regulación de asentamientos humanos en la zona de estudio		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Inversión en obra pública		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Fondos de contingencia para emergencias y desastres		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Aceptación de la administración pública local	100,0	1,0	100,0	1,0	91,3	1,0	100,0	1,0	0,0	3,0
	Valoración de los servicios básicos locales	0,0	3,0	0,0	3,0	100,0	1,0	0,0	3,0	93,8	1,0
	Susceptibilidad parcial		1,4		1,4		1,0		1,4		1,4
Tenencia de la propiedad	Tenencia de la propiedad		2,0		1,0		2,0		2,0		3,0
	Susceptibilidad TOTAL		1,8		1,8		1,8		1,8		2,1

EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR ASPECTO, VARIABLE Y BARRIO (CONTINUACIÓN)											
Aspecto	Variable evaluada	Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Demográficos	Población vulnerable por distribución etarea	16,5	1,0	15,2	1,0	18,3	1,0	22,1	1,0	13,2	1,0
Educación de la Población	Instrucción formal de la población	62,4	2	63,2	2	62,5	2	61,3	2	57,9	2
	Información y conocimiento de la población en gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	89,1	1	0,0	3	65,3	2
	Percepción del riesgo	100,0	1	100,0	1	79,2	1	100,0	1	100,0	1
	Susceptibilidad parcial		2,0		2,0		1,3		2,0		1,7
Salud de la Población	Acceso de la población a servicios básicos		2		2		2		2		2
	Acceso de la población a la Red Pública y Complementaria de Salud		2		2		2		2		2
	Susceptibilidad parcial		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0
Actividades Económicas de la Población	Ingresos económicos de la población		3		3		3		3		3
	Acceso a empleo de la población	44,7	2	39,2	2	56,7	2	47,5	2	46,7	2
	Migración de la población		1		1		1		1		1
	Susceptibilidad parcial		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0
Socio culturales y organizativos de la Población	Pertenencia religiosa de la población	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3
	Organización familiar para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	5,0	3	0,0	3	65,3	2
	Organización comunitaria para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	65,3	2
	Acceso de la comunidad a medios de comunicación		1		1		1		1		1
	Susceptibilidad parcial		2,5		2,5		2,5		2,5		2,0
Normativos e institucionales	Marco normativo e institucional para la regulación de asentamientos humanos en la zona de estudio		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Inversión en obra pública		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Fondos de contingencia para emergencias y desastres		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0
	Aceptación de la administración pública local	0,0	3,0	45,5	2,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0
	Valoración de los servicios básicos locales	0,0	3,0	100,0	1,0	0,0	3,0	0,0	3,0	0,0	3,0
	Susceptibilidad parcial		1,8		1,2		1,8		1,8		1,8
Tenencia de la propiedad	Tenencia de la propiedad		1,0		3,0		2,0		1,0		3,0
	Susceptibilidad TOTAL		1,8		2,1		1,8		1,8		1,9

10.2 VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA Y PRIVADA

A modo de Introducción del presente Capítulo, se presentan las definiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, según dos fuentes relevantes: 1) la reunión de expertos promovida por la UNDRP y la UNESCO, realizada precisamente para unificar dichas definiciones y que fueron plasmadas en el informe Natural Disasters and Vulnerability Analysis (UNDRP, 1979); 2) la “Terminología sobre Riesgo de Desastres” (UNISDR, 2009) como parte de la Estrategia Internacional de Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas:

CONCEPTO	DEFINICIÓN UNDRP, 1979	DEFINICIÓN UNISDR, 2009
Amenaza	Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.	Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales
Vulnerabilidad	Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso.	Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.
Riesgo	Es el grado de pérdida esperada debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.	La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

10.2.1 Identificación de Elementos Expuestos a Daños por Inestabilidad de Terreno, Asentamientos y Sismos

De las inspecciones realizadas en la zona de proyecto, se han identificado los siguientes elementos que serán evaluados en su vulnerabilidad física:

- Viviendas
- Caminos
- Sistema de agua potable
- Sistema de alcantarillado
- Tendido de cables eléctricos
- Otras obras relevantes (LT Inga – Pomasqui, OCP)

A continuación, se presenta una descripción general de las obras existentes en la zona del proyecto.

Viviendas

Las edificaciones existentes en la zona del proyecto, corresponden en su gran mayoría a casas de viviendas de una sola planta y en menor proporción a casas de dos y tres pisos; no existen en el sector estructuras que cuenten con cuatro o más plantas. Se observa que la tipología estructural predominante corresponde a construcciones hechas con mampostería simple (bloque trabado) y mampostería con columnetas de confinamiento; además, se observa un alto grado de construcción informal.

En las siguientes fotografías se muestran las casas típicas del sector.



Foto N° 10.5. Estructura de mampostería simple – Planada de San Francisco



Foto N° 10. 6. Estructura de mampostería simple – Laderas de San Francisco



Foto N° 10.7. Estructura de mampostería semiconfinada con columnetas – Planada de San Francisco

En la Tabla N° 10.15 se muestra la distribución de las viviendas en los diez barrios existentes en la zona del proyecto:

No.	BARRIO	# VIVIENDAS	UBICACIÓN
1	Colinas de Bellavista	11	Parte Alta - Ladera
2	Terrazas de Bellavista	34	Ladera
3	San Vicente	70	Parte Alta
4	Planada de San Francisco	70	Parte Baja
5	Campo Alegre	38	Parte Alta
6	Pedregal	26	Ladera
7	Laderas de San Francisco	32	Ladera
8	Cristo Rey II	15	Parte Alta - Ladera
9	Cristo Rey I	80	Parte Alta
10	Mira Quito	10	Parte Alta
TOTAL		386	

Tabla N° 10.15. Distribución de viviendas en los barrios de la zona de estudio

Caminos

Las vías carrozables existentes en la zona del proyecto corresponden casi en su totalidad a caminos de tierra, cortados en laderas, existiendo tramos puntuales que cuentan con una capa de rodadura conformada por adoquín; las vías tienen un ancho de entre 6 y 8 m.

Los caminos en general carecen de un sistema de drenaje pluvial, por lo cual en los tramos de mayores pendientes se observan surcos y, en general, una superficie muy irregular. En la vía que baja desde la zona alta hasta el barrio Planada de San Francisco, existe una zanja excavada en tierra ubicada al pie de los taludes, que hace las veces de una precaria cuneta cuyas descargas se realizan a las quebradas adyacentes, carentes de estructura de drenaje alguna.

La comunidad se encarga cada cierto tiempo de un mantenimiento básico que consiste en la limpieza de las zanjas de tierra que hacen las veces de cunetas y el retiro de material vegetal que va creciendo en los caminos.

En las siguientes fotografías se puede observar el tipo de caminos existentes con las características antes descritas.



Foto Nº 10.8. Camino de tierra en Planada de San Francisco, se observan hondonadas, surcos y vegetación en la vía

Foto Nº 10.9. Mantenimiento de la vía por parte de la comunidad



Foto N° 10.10. Camino de tierra en la bajada hacia Planada de San Francisco, con zanja al pie del talud



Foto N° 10.11. Descarga de la zanja hacia la quebrada, con presencia de basura



Foto N° 10.12. Camino de tierra en Cristo Rey II, con presencia de surcos

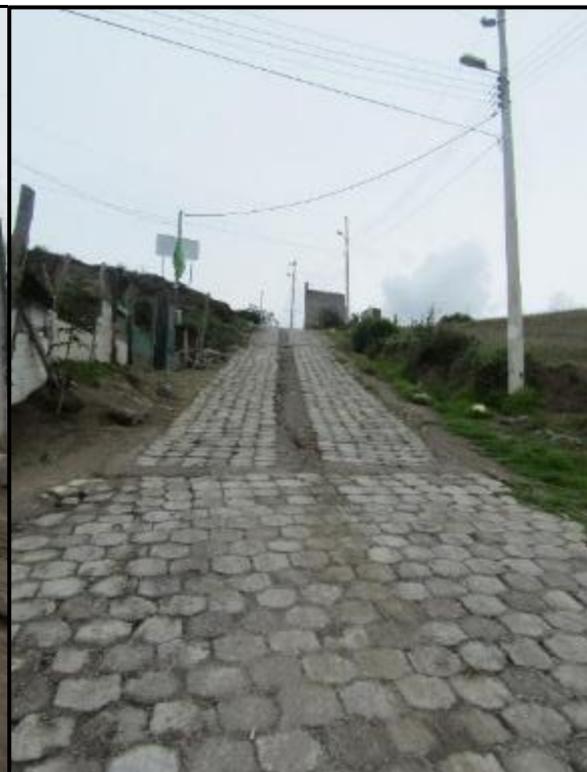


Foto N° 10.13. Tramo con adoquín en el barrio Laderas de San Francisco, sin drenaje



Foto N° 10.14. Vía adoquinada en el barrio Cristo Rey I, sin sistemas de drenaje

Sistema de Agua Potable

Existe un sistema de agua potable que se encuentra enterrado en las vías, principalmente en los barrios de la zona alta, a excepción de Colinas de Bellavista, que se ubica en el sector de mayor altitud al sur de la zona de estudio, en donde se abastecen con tanqueros.

El sistema existente se extiende hasta algunos sectores de los barrios de las laderas, desde donde se van derivando conexiones por los mismos barrios de las laderas hasta llegar a la parte baja, donde se observan tuberías superficiales desde las cuales las viviendas se abastecen.

En la bajada hacia Planada de San Francisco se observan las conexiones que en tramos se desarrollan a la intemperie o bien parcialmente enterradas; igualmente existen tramos aéreos para el cruce de quebradas, las cuales se desarrollan sin un sistema apropiado que garantice su sujeción.

Las tuberías que están visibles son de PVC en diámetros de 1" y menores. En las siguientes fotografías se puede observar las tuberías descritas.



Foto N° 10.15. Cruce de quebrada con tuberías aéreas de conducción de agua, sin un sistema de soporte o sujeción

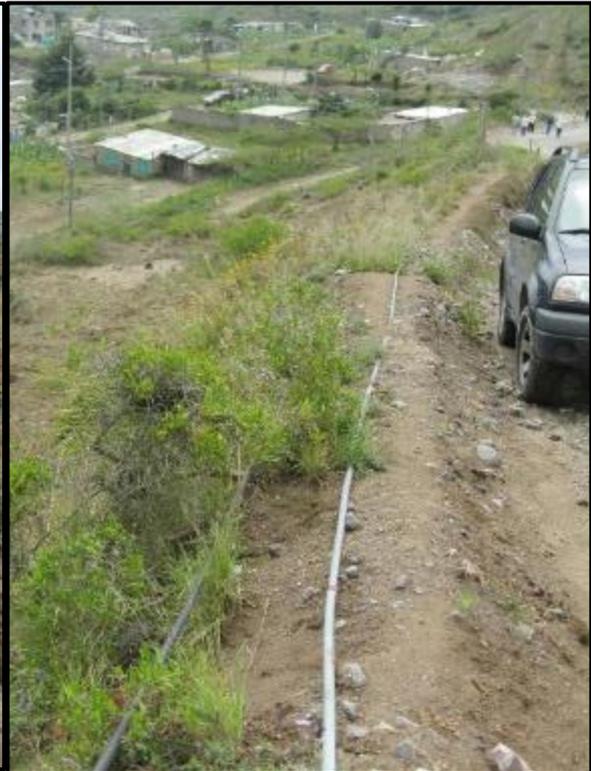


Foto N° 10.16. Tuberías superficiales en el borde de la vía que baja hacia Planada de San Francisco



Foto N° 10.17. Conexiones para la conducción de agua en el borde superior de la quebrada



Foto N° 10.18. Tuberías superficiales junto a viviendas en las laderas



Foto N° 10.19. Tuberías superficiales y derivaciones a viviendas



Foto N° 10.20. *Conexiones para derivaciones a viviendas*

Sistema de Alcantarillado

En general, el sistema de alcantarillado únicamente existe en parte de la zona alta y se encuentra enterrado en las vías; en donde no se cuenta con este servicio, las aguas servidas se conducen hacia pozos sépticos.

En la zona de laderas los drenajes sanitarios y pluviales de las viviendas se conducen por un sistema de tuberías de PVC con diámetros entre 4" y 6" semienterrado, que descargan hacia las quebradas sin un tratamiento apropiado para ser evacuadas al ambiente. Algunos de los "colectores" que conducen hacia las quebradas se ubican en la misma zanja al pie del talud, como se puede ver en las fotografías que se muestran más adelante.

La zona baja igualmente carece de un sistema de alcantarillado, por lo que las aguas servidas se depositan en pozos sépticos.



Foto N° 10.21. Tuberías de descarga de drenajes sanitarios en la zona de laderas



Foto N° 10.22. Tuberías de descarga de drenajes en la zona de laderas



Foto N° 10.23. Tuberías de descarga de drenajes que se conectan a un "colector" al pie del talud



Foto N° 10.24. "Colector" semienterrado ubicado en la zanja al pie de talud

Líneas de Tendido de Cables Eléctricos

Como se describió en las páginas anteriores, los servicios básicos no abarcan toda la zona de estudio; el servicio eléctrico es la excepción pues todos los barrios están provistos de electricidad.

El sistema de cables eléctricos se ubica en postes de hormigón, que no presentan inconvenientes.



Foto N° 10.25. Sistema eléctrico, iluminación y medidores



Foto N° 10.26. Postes de tendido de cables eléctricos

Otras Obras Relevantes

Entre otras obras existentes en la zona de estudio destaca la Línea de Trasmisión Inga – Pomasqui (230kV) visible al norte del barrio Planada de San Francisco y el paso del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) donde su derecho de vía se muestra a la altura del barrio Terrazas de Bellavista.

Estas obras, al ser diseñadas y construidas conforme los estudios que se realizan para el efecto, mismos que están acordes con las normativas técnicas correspondientes con su importancia y funcionalidad, además de ser aprobadas en su diseño y construcción por las entidades estatales competentes, no presentan inconvenientes.



Foto N° 10.27. Derecho de vía del OCP, junto al barrio Terrazas de Bellavista



Foto N° 10.28. Torres LT Inga – Pomasqui al norte del barrio Planada de San Francisco

10.2.2 Evaluación de la Vulnerabilidad Física por Inestabilidad de Terrenos, Asentamientos y Sismos

Metodología de Evaluación

Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones

La Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones fue desarrollada para el presente proyecto con base en la información requerida para evaluar la vulnerabilidad por amenaza sísmica, asentamientos y deslizamientos, conforme las metodologías que se detallan posteriormente en este mismo numeral.

Adicionalmente, se incluyeron preguntas puntuales respecto a inundaciones y erosión que, si bien corresponden a amenazas de menor criticidad en el sector, fueron consideradas de manera general a través de estas consultas, obteniendo los resultados que se incluyen en el presente informe.

La ficha permite registrar la información referencial de cada vivienda, además de los parámetros técnicos necesarios para aplicar las metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad física, contenidos en 51 preguntas. En las páginas siguientes se muestra la **Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones** utilizada para el levantamiento de la información.

FICHA DE EVALUACIÓN VULNERABILIDAD FÍSICA DE EDIFICACIONES		Responsable:	Elevación
		Fecha:	E. 780,000
		Barrio:	N. 9'990,000
		Familia:	
A. GENERALIDADES			
1	Área aproximada de la edificación (m2):		
2	Uso de la edificación:	Residencial	
		Bodegas	
		Comercial	
		Varios	
		Otro (especificar)	
3	Se planea ampliar la edificación?	Sí	No
4	Cómo se realizó la construcción?	Con Ingeniero Civil	
		Informal / artesanal	
5	Número de pisos	1 piso	
		2 pisos	
		3 pisos	
		4 pisos	
		5 pisos o más	
6	Año de construcción		
B. ASPECTOS GEOMÉTRICOS			
7	Irregularidad en planta	Ninguna	
		Retrocesos excesivos en esquinas	
		Discontinuidad en el sistema de piso	
		Ejes estructurales no paralelos	
		Desplazamiento de planos de acción de elementos verticales	
8	Discontinuidad en ejes verticales	Sí	No o no aplica
9	Edificación es simétrica respecto a elementos portantes	Sí	No
C. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y GRADO DE DETERIORO			
10	Tipo de material en paredes	Ladrillo	
		Bloque	
		Piedra	
		Adobe / tapial	
		Madera	
		Otro (especificar)	
11	Grado de deterioro de la superficie de las paredes	Ninguno	
		Algún grado, se presentan algunas humedades	
		Alto grado, todas las paredes presentan humedades	
12	Estado de conservación de la edificación en general, considerando estado de paredes, piso y elementos estructurales	Bueno	
		Aceptable	
		Regular	
		Malo	

(Continuación Ficha de Evaluación)

D. ESTRUCTURA			
13	Sistema estructural	Hormigón armado	
		Estructura metálica	
		Estructura de madera o caña	
		Estructura de pared portante confinada o reforzada	
		Mampostería semiconfinada (solamente columnetas)	
		Mampostería simple	
		Madera y mampostería	
14	Ampliaciones:	Ninguna	
		Mixta madera/hormigón	
		Mixta metálica/hormigón	
		Otro (especificar)	
15	Sistema de entrepisos	No tiene entrepisos	
		Losa plana de hormigón armado	
		Losa de hormigón armado sobre vigas	
		Vigas y entramado madera	
		Entramado de madera / caña	
		Entramado metálico	
		Entramado hormigón / metálico	
		Otro (especificar)	
16	Tipo de cubierta	Losa plana de hormigón armado	
		Losa de hormigón armado sobre vigas	
		Losa con placa portante tipo DECK	
		Zinc o policarbonato	
		Eternit	
		Otro (especificar)	
17	Sobre qué se encuentra apoyada la estructura de la cubierta	Vigas	
		Paredes confinadas	
		Paredes no confinadas	
18	Estructura de cubierta	Losa	
		Estructura metálica	
		Madera	
		Otro (especificar)	
19	Existe corrosión en anclaje o amarres de la estructura metálica	Sí	No o no aplica

(Continuación Ficha de Evaluación)

E. SISTEMA RESISTENTE: PÓRTICO HORMIGÓN ARMADO				
20	Continuidad en vigas y columnas	Sí o no aplica		No
21	Cambio de sección a lo largo de las columnas	Sí		No o no aplica
22	Aspecto del hormigón en vigas, columnas y losas	No aplica		
		Buen aspecto, sin tanta porosidad		
		Hormigón muy poroso y se desprende (acero no expuesto)		
		Hormigón muy poroso y acero expuesto		
23	Manchas amarillentas en el hormigón	Sí		No o no aplica
24	Condiciones de los elementos estructurales: Vigas	No aplica		
		No presenta problemas aparentes		
		Deflexiones		
		Fisuras (abertura de menos de 4 mm)		
		Grietas (abertura de más de 4 mm)		
25	Condiciones de los elementos estructurales: Columnas	No aplica		
		No presenta problemas aparentes		
		Pandeo		
		Humedades		
		Fisuras o grietas en pie o cabeza de las columnas		
26	Condiciones de los elementos estructurales: Losa	No aplica		
		No presenta problemas aparentes		
		Deflexiones		
		Fisuras (abertura de menos de 4 mm)		
		Grietas (abertura de más de 4 mm)		
27	Dimensiones de columnas:	No aplica		
		20 x 20 cm o menor		
		25 x 25 cm		
		25 x 30 cm o mayor		
28	Columna corta:	Sí		No
29	Piso blando:	Sí		No
30	Probabilidad de golpeteo de edificios	No tiene problemas de colindancia		
		Edificación con una colindancia		
		Edificación con dos o más colindancias		
31	Si se tiene vecinos colindantes	No aplica		
		Alturas libres de los pisos coinciden		
		Alturas libres de los pisos no coinciden		

(Continuación Ficha de Evaluación)

F. MAMPOSTERÍA / MUROS			
32	La mampostería se encuentran confinados con columnetas / viguetas	Sí, todos	
		No, algunos no tienen confinamiento	
		No, la mayoría o ninguno tiene confinamiento	
33	Existe buen contacto / mampostería - elementos de confinamiento:	Sí o no aplica	No
34	Condiciones de los elementos de confinamiento: Columnetas	No aplica	
		No existen problemas aparentes	
		Pandeo	
		Fisuras o grietas en pie o cabeza de las columnetas	
35	Condiciones de los elementos de confinamiento: Viguetas	No aplica	
		No existen problemas aparentes	
		Deflexiones	
		Fisuras (abertura de menos de 4 mm)	
36	Irregularidad en elevación: Continuidad de muros verticales	Grietas (abertura de más de 4 mm)	
		Sí, todos los muros son continuos	
		No, algunos de los muros presentan discontinuidades	
		No, la mayoría de los muros presentan discontinuidades	
37	Proporción de muros estructurales en direcciones principales	No existen muros estructurales	
		Existen en ambas direcciones y están confinados	
		La mayoría de los muros están en una dirección aunque existen varios en la otra	
		Más del 70% de muros está en una dirección	
		No existen muros estructurales	

(Continuación Ficha de Evaluación)

G. PATOLOGÍAS POR ASENTAMIENTOS				
38	Existen grietas en las paredes a 45° (pueden ser varias y paralelas, no en cruz)	Sí		No
39	Existen grietas en las paredes con abertura mayor a 4 mm	Sí		No
40	Ha observado un progresivo incremento en la abertura de las grietas	Sí		No
41	La edificación se encuentra fuera de plomo	Sí		No
42	Grado de deterioro de los pisos	Ninguno		
		Algún grado, se presentan algunas fisuras / pequeños desniveles		
		Alto grado, se presentan grietas y hundimientos considerables		
43	Se han presentado ventanas rotas :	Sí		No
44	Las gradas se encuentran afectadas (fisuras / grietas / u otro):	Sí		No o no aplica
45	Se han presentado puertas trabadas (indicar cuantas en observaciones):	Sí		No
H. PATOLOGÍAS POR SISMO				
46	Existen grietas en las paredes a 45°, grietas en forma de cruz	Sí		No
47	Existen grietas por separación de paredes	Sí		No
48	Después de los sismos de 2014 y/o 2016 han aparecido grietas?	Sí		No
I. EXPOSICIÓN A DESLIZAMIENTOS, INUNDACIONES Y EROSIÓN				
49	La vivienda se ubica en un área de ladera?	Sí		No
50	Alguna vez se ha inundado su vivienda o sus alrededores?	Sí		No
51	Se observan huellas de erosión por lluvias y/o vientos en los alrededores?	Sí		No

Tabla N° 10.16. Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones

Evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones por amenaza sísmica y asentamientos

La evaluación de la vulnerabilidad física de las edificaciones por amenaza sísmica y asentamientos, se realizó con base en la Guía para Implementar el Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal (SNGR, 2012) y la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas Públicas de Cali, una Propuesta Metodológica, Universidad del Valle, (Llanos y Vidal, 2003). En general, la metodología analiza los siguientes parámetros:

- Información general de la construcción de la vivienda
- Aspectos geométricos e irregularidades de la estructura
- Aspectos constructivos de materiales utilizados y deterioro de la estructura
- Tipología estructural y sus elementos
- Elementos de la estructura de hormigón armado y su estado
- Elementos de mampostería y su estado
- Patologías presentes en la estructura

El levantamiento de la información mencionada, se realizó a través de la Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones, considerando las primeras 48 preguntas que contienen los parámetros específicos para evaluar la vulnerabilidad física de las edificaciones por amenaza sísmica y asentamientos. La evaluación cuantitativa se realiza sobre una puntuación para cada uno de los parámetros analizados. Tabla N° 10.17.

A. GENERALIDADES					
1	Área aproximada de la edificación (m2):				0.00
2	Uso de la edificación:	Residencial			0.00
		Bodegas			0.00
		Comercial			0.00
3	Se planea ampliar la edificación?	Sí	0.00	No	0.00
4	Cómo se realizó la construcción?	Con Ingeniero Civil			0.00
		Informal / artesanal			4.00
5	Número de pisos	1 piso			0.00
		2 pisos			0.10
		3 pisos			0.10
		4 pisos			0.80
		5 pisos o más			1.00
6	Año de construcción	antes de 1977			3.50
		entre 1997 y 2000			2.10
		entre 2000 y 2015 (CEC)			1.05
		2015 en adelante (NEC)			0.00

B. ASPECTOS GEOMÉTRICOS					
7	Irregularidad en planta	Ninguna		0.00	
		Retrocesos excesivos en esquinas		0.90	
		Discontinuidad en el sistema de piso		1.50	
		Ejes estructurales no paralelos		1.50	
		Desplazamiento de planos de acción de elementos verticales		3.00	
8	Discontinuidad en ejes verticales	Sí	2.00	No o no aplica	0.00
9	Edificación es simétrica respecto a elementos portantes	Sí	0.00	No	2.00
C. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y GRADO DE DETERIORO					
10	Tipo de material en paredes	Ladrillo		0.15	
		Bloque		0.30	
		Piedra		1.50	
		Adobe / tapial		1.50	
		Madera		0.00	
11	Grado de deterioro de la superficie de las paredes	Ninguno		0.00	
		Algún grado, se presentan algunas humedades		0.25	
		Alto grado, todas las paredes presentan humedades		0.50	
12	Estado de conservación de la edificación en general, considerando estado de paredes, piso y elementos estructurales	Bueno		0.00	
		Aceptable		0.60	
		Regular		1.20	
		Malo		2.00	
D. ESTRUCTURA					
13	Sistema estructural	Hormigón armado		0.00	
		Estructura metálica		0.00	
		Estructura de madera o caña		0.40	
		Mampostería semi confinada (solamente columnetas)		1.00	
		Estructura de pared portante confinada o reforzada		0.00	
		Mampostería simple/madera y mampostería		2.00	

14	Ampliaciones:	Ninguna			0.00
		Mixta madera/hormigón			2.00
		Mixta metálica/hormigón			2.00
15	Sistema de entresijos	No tiene entresijos			0.00
		Losa plana de hormigón armado			1.00
		Losa de hormigón armado sobre vigas descolgadas			0.00
		Vigas y entramado madera			0.80
		Entramado de madera / caña			2.00
		Entramado metálico			0.00
		Entramado hormigón / metálico			1.00
16	Tipo de cubierta	Losa plana de hormigón armado			0.75
		Losa de hormigón armado sobre vigas descolgadas			0.00
		Losa con placa portante tipo DECK			0.75
		Zinc o policarbonato			2.50
		Eternit			2.50
17	Sobre qué se encuentra apoyada la estructura de la cubierta	Vigas			0.75
		Paredes confinadas			0.00
		Paredes no confinadas			2.50
18	Estructura de cubierta	Losa			0.00
		Estructura metálica			0.00
		Madera			1.50
19	Existe corrosión en anclaje o amarres de la estructura metálica	Sí	0.50	No o no aplica	0.00
E. SISTEMA RESISTENTE: PÓRTICO HORMIGÓN ARMADO					
20	Continuidad en vigas y columnas	Sí o no aplica	0.00	No	2.00
21	Cambio de sección a lo largo de las columnas	Sí	3.00	No o no aplica	0.00
22	Aspecto del hormigón en vigas, columnas y losas	Buen aspecto, sin tanta porosidad			0.00
		Hormigón muy poroso y se desprende (acero no expuesto)			0.50

		Hormigón muy poroso y acero expuesto		1.00	
23	Manchas amarillentas en el hormigón	Sí	1.00	No o no aplica	0.00
24	Condiciones de los elementos estructurales: Vigas	No presenta problemas aparentes		0.00	
		Deflexiones		1.00	
		Fisuras (abertura de menos de 4 mm)		2.00	
		Grietas (abertura de más de 4 mm)		2.50	
25	Condiciones de los elementos estructurales: Columnas	No presenta problemas aparentes		0.00	
		Pandeo		2.00	
		Humedades		1.60	
		Fisuras o grietas en pie o cabeza de las columnas		4.00	
26	Condiciones de los elementos estructurales: Losa	No presenta problemas aparentes		0.00	
		Deflexiones		0.60	
		Fisuras (abertura de menos de 4 mm)		0.75	
		Grietas (abertura de más de 4 mm)		1.50	
		Filtraciones		0.75	
27	Dimensiones de columnas:	20 x 20 cm o menor		3.50	
		25 x 25 cm		1.75	
		25 x 30 cm o mayor		0.00	
28	Columna corta:	Sí	8.00	No	0.00
29	Piso blando:	Sí	8.00	No	0.00
30 31	Probabilidad de golpeteo de edificios	No tiene problemas de colindancia		0.00	
		Edificación con una colindancia, alturas de los pisos coinciden		1.96	
		Edificación con una colindancia, alturas de los pisos no coinciden		2.80	
		Edificación con dos o más colindancias, alturas de los pisos coinciden		2.80	
		Edificación con dos o más colindancias, alturas de los pisos no coinciden		4.00	

F. MAMPOSTERÍA / MUROS					
32 33	La mampostería se encuentra confinada con columnetas / viguetas	Sí, todos			0.00
		No, algunos no tienen confinamiento, aunque existe buen contacto con los elementos de confinamiento			1.43
		No, algunos no tienen confinamiento, y no existe buen contacto con los elementos de confinamiento			2.85
		No, la mayoría o ninguno tiene confinamiento			3.00
34	Condiciones de los elementos de confinamiento: Columnetas	No existen problemas aparentes			0.00
		Pandeo			0.50
		Fisuras o grietas en pie o cabeza de las columnetas			1.00
35	Condiciones de los elementos de confinamiento: Viguetas	No existen problemas aparentes			0.00
		Deflexiones			0.50
		Fisuras (abertura de menos de 4 mm)			0.80
		Grietas (abertura de más de 4 mm)			1.00
36	Irregularidad en elevación: Continuidad de muros verticales	Sí, todos los muros son continuos			0.00
		No, algunos de los muros presentan discontinuidades			0.75
		No, la mayoría de los muros presentan discontinuidades			1.50
		No existen muros estructurales			1.50
37	Proporción de muros estructurales en direcciones principales	Existen en ambas direcciones y están confinados			0.00
		La mayoría de los muros están en una dirección aunque existen varios en la otra dirección			0.75
		Más del 70% de muros está en una dirección			1.20
		No existen muros estructurales			1.50
G. PATOLOGÍAS POR ASENTAMIENTOS					
38	Existen grietas en las paredes a 45° (pueden ser varias y paralelas, no en cruz)	Sí	2.00	No	0.00
39	Existen grietas en las paredes con abertura mayor a 4 mm	Sí	1.00	No	0.00
40	Ha observado un progresivo incremento en la abertura de las grietas	Sí	1.00	No	0.00

41	La edificación se encuentra fuera de plomo	Sí	2.00	No	0.00
42	Grado de deterioro de los pisos	Ninguno			0.00
		Algún grado, se presentan algunas fisuras / pequeños desniveles			1.00
		Alto grado, se presentan grietas y hundimientos considerables			2.00
43	Se han presentado ventanas rotas :	Sí	1.00	No	0.00
44	Las gradas se encuentran afectadas (fisuras / grietas / u otro):	Sí	1.00	No o no aplica	0.00
45	Se han presentado puertas trabadas (indicar cuantas en observaciones):	Sí	1.00	No	0.00
H. PATOLOGÍAS POR SISMO					
46	Existen grietas en las paredes a 45°, grietas en forma de cruz	Sí	3.00	No	0.00
47	Existen grietas por separación de paredes	Sí	3.00	No	0.00
48	Después de los sismos de 2014 y/o 2016 han aparecido grietas?	Sí	4.00	No	0.00

Tabla Nº 10.17. Evaluación cuantitativa de parámetros de vulnerabilidad física por amenaza sísmica y asentamientos

Mientras más desfavorable sea una condición evaluada, mayor será el valor correspondiente a la cuantificación. Los valores mostrados en rojo corresponden a los máximos en cada parámetro (en algunos casos existe más de una condición correspondiente a la más desfavorable).

Categorización de vulnerabilidad física por amenaza sísmica

La cuantificación de la vulnerabilidad física por amenaza sísmica ($P_{SÍSMICA}$) se obtiene sumando los puntajes de todas las preguntas mostradas en la Tabla Nº 10.17; si se suman los valores de las condiciones más desfavorables, se obtiene un valor de 100 puntos que corresponde a la situación de vulnerabilidad máxima por amenaza sísmica.

Cabe indicar que la metodología plantea parámetros específicos de condición de los elementos de hormigón que se evalúan en las secciones E (preguntas 22, 24, 25 y 26) y F (preguntas 34 y 35); tomando en cuenta que muchas de las edificaciones evaluadas no tienen elementos de hormigón, la cuantificación de estos parámetros se realizó multiplicando el máximo valor de cada una de estas preguntas, por un factor calculado en función del valor correspondiente al estado general de la edificación (pregunta 12), según lo indicado en la Tabla Nº 10.18.

STADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (PREGUNTA 12)	FACTOR
Bueno	0.00
Aceptable	0.30
Regular	0.60
Malo	1.00

Tabla N° 10.18. Factor de estado general de la edificación para estructuras que no tienen elementos de hormigón

De acuerdo a la metodología utilizada, la vulnerabilidad física por amenaza sísmica se categoriza según lo indicado en la Tabla N° 10.19:

RANGO	V SÍSMICA
$P_{SÍSMICA} < 20$	Vulnerabilidad física BAJA por amenaza sísmica
$20 \leq P_{SÍSMICA} < 40$	Vulnerabilidad física MEDIA por amenaza sísmica
$40 \leq P_{SÍSMICA}$	Vulnerabilidad física ALTA por amenaza sísmica

Tabla N° 10.19. Categorización de vulnerabilidad física por amenaza sísmica

Categorización de vulnerabilidad física por asentamientos

La cuantificación de la vulnerabilidad física por asentamientos ($P_{ASENTAMIENTOS}$) se obtiene sumando los puntajes de las preguntas de la Sección G de la Tabla N° 10.17 (preguntas desde 38 hasta 45); si se suman los valores de las condiciones más desfavorables de estos parámetros, se obtiene un valor de 11 puntos que corresponde a la situación de vulnerabilidad máxima por asentamientos.

De acuerdo a la metodología utilizada, la vulnerabilidad física por asentamientos se categoriza según lo indicado en la Tabla N° 10.20.

RANGO	V _{ASENTAMIENTOS}
$P_{ASENTAMIENTOS} < 1$	Vulnerabilidad física BAJA por asentamientos
$1 \leq P_{ASENTAMIENTOS} < 4$	Vulnerabilidad física MEDIA por asentamientos
$4 \leq P_{ASENTAMIENTOS}$	Vulnerabilidad física ALTA por asentamientos

Tabla Nº 10.20. Categorización de vulnerabilidad física por asentamientos

Evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones por deslizamientos

La evaluación de la vulnerabilidad física de las edificaciones por deslizamientos, se realizó con base en la metodología planteada en la Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa (Convenio Especial de Cooperación Universidad Nacional de Colombia – Servicio Geológico Colombiano, 2015). La metodología analiza los siguientes parámetros:

- Tipo de estructura
- Altura de la estructura
- Conservación de la estructura
- Edad de la estructura

El levantamiento de la información, se realizó a través de la **Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones**, cuyas preguntas incluyen la información necesaria para evaluar los aspectos antes mencionados, conforme se explica en los siguientes párrafos.

La evaluación cuantitativa se realiza sobre una puntuación ($P_{DESLIZAMIENTO}$) que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_{DESLIZAMIENTO} = 100 \times [1 - (1 - P_{TIP}) \times (1 - P_{ALT}) \times (1 - P_{CON}) \times (1 - P_{ED})]$$

Los valores requeridos para el cálculo de la ecuación anterior, se cuantifican de la siguiente manera:

Tipo de estructura (P_{TIP})

El tipo de estructura y su correspondiente valor se establece de acuerdo a lo mostrado en la Tabla Nº 10.21.

TIPO	TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	P _{TIP}
A	Edificaciones con reforzamiento especial	Edificaciones de hormigón armado y acero diseñadas y construidas con requerimientos superiores a los convencionales o con la exigencia máxima de los códigos de diseño.	0.10
B	Edificaciones reforzadas	Edificaciones con estructura en concreto y acero construidas con pórticos en hormigón armado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero.	0.30
C	Mampostería reforzada	Edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de confinamiento (al menos columnetas de hormigón).	0.50
D	Estructuras con confinamiento deficiente	Edificaciones de mampostería no reforzada (mampostería y madera o sin confinamiento).	0.70
E	Estructuras ligeras	Edificaciones construidas con materiales de baja calidad.	0.90
F	Construcciones simples	Edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación.	1.00

Tabla N° 10.21. Evaluación de tipo de estructura para vulnerabilidad física por deslizamientos

Altura de la estructura (P_{ALT})

La altura de la estructura se evalúa en función del número de pisos; el puntaje correspondiente para cada caso se establece de acuerdo a lo mostrado en la Tabla N° 10.22:

TIPO	# PISOS	P _{ALT}
E,F	≥ 2	0.90
D	≥ 4	0.90
D	2 y 3	0.60
demás tipos y alturas		0.05

Tabla N° 10.22. Evaluación altura de la estructura para vulnerabilidad física por deslizamientos

Conservación de la estructura (P_{CON})

El estado de conservación se evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y se califica de acuerdo a lo mostrado en la Tabla N° 10.23:

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	P_{CON}
Muy bueno	No se observan deformaciones, agrietamiento o envejecimiento.	0.00
Bueno	Sólo se observan daños superficiales leves en los acabados (fisuras o estado general de la estructura aceptable).	0.05
Deformaciones leves	Se observan grietas en los elementos (estado general de la estructura regular o malo).	0.25
Deformaciones medias	Desplazamiento relativo de elementos (pandeo).	0.50
Deformaciones graves	Inclinaciones de elementos fuera de su plano vertical (edificaciones fuera de plomo).	0.75

Tabla N° 10.23. Evaluación conservación de la estructura para vulnerabilidad física por deslizamientos

Edad de la estructura (P_{ED})

El parámetro relativo a la edad de la edificación se estima a partir de la relación de los años de servicio con respecto a la vida útil de diseño de la edificación (servicio/vida útil) y se califica de acuerdo a lo indicado en la Tabla N° 10.24:

SERVICIO / VIDA ÚTIL	P_{ED}
≤ 0.1	0.05
0.1 - 0.4	0.10
0.4 - 0.6	0.30
0.6 - 0.8	0.50
0.8 - 1.0	0.70
1.0 - 1.2	0.80
> 1.2	1.00

Tabla N° 10.24. Evaluación de edad de la estructura para vulnerabilidad física por deslizamientos

Para determinar la vida útil de las diferentes estructuras, se considera lo establecido en la misma metodología que asigna un valor en función de la tipología estructural, según lo mostrado en la Tabla N° 10.25:

TIPO	VIDA ÚTIL
A y B	50 años
C y D	30 años
E	15 años
F	2 años

Tabla N° 10.25. Vida útil de las estructuras en función de su tipología estructural

Categorización de vulnerabilidad física por deslizamientos

De acuerdo a la metodología utilizada, la vulnerabilidad física por deslizamientos se categoriza según lo indicado en la Tabla N° 10.26:

RANGO	V _{DESIZAMIENTO}
$P_{DESIZAMIENTO} < 60$	Vulnerabilidad física BAJA por deslizamientos
$60 \leq P_{DESIZAMIENTO} < 80$	Vulnerabilidad física MEDIA por deslizamientos
$80 \leq P_{DESIZAMIENTO}$	Vulnerabilidad física ALTA por deslizamientos

Tabla N° 10.26. Categorización de vulnerabilidad física por amenaza sísmica

Levantamiento de Información

El levantamiento de la información se realizó con la Ficha de Evaluación de Vulnerabilidad Física de Edificaciones (Tabla N° 10.16), descrita en el Numeral 10.2.2 del presente capítulo.

El domingo 12 de marzo de 2017 se realizó un levantamiento de prueba con los dirigentes de los barrios de las zonas más críticas por su ubicación como son Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista, Pedregal y Cristo Rey II, además del barrio más poblado que es Planada de San Francisco.

Esta tarea se realizó con la finalidad de verificar la comprensión de las preguntas de la Ficha de Evaluación por parte de los pobladores y que los dirigentes puedan entender claramente el trabajo de levantamiento, de tal manera que puedan transmitir a sus vecinos esta información.

Para establecer el número de encuestas a realizar, se consideró la teoría del tamaño de la muestra, basada en la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 p q}$$

Donde:

- n tamaño de la muestra
- N universo total
- Z_{α} constante dependiente del nivel de confianza
- p, q parámetros de variabilidad (valor conservador $p = q = 50\%$)
- e error muestral

Considerando la uniformidad de las estructuras existentes en el sector, para alcanzar una muestra representativa de la situación del sector, el levantamiento de información se planteó realizar considerando un nivel de confianza del 90%, para el cual Z_{α} es igual a 1.65, y un error muestral del 10%; considerando el universo total de 386 viviendas habitadas conforme lo mostrado en la Tabla N° 10.26 y los parámetros antes mencionado, el tamaño de la muestra resultante es de 58 viviendas que corresponde a un 15% del total de viviendas. En la práctica, se realizó el levantamiento de información en 124 viviendas, lo que corresponde a un 32% del total de casas, con lo cual se superan los parámetros indicados en el párrafo anterior. El número de viviendas levantadas y los porcentajes correspondientes se presentan en la Tabla N° 10.27.

	BARRIO	# VIVIENDAS	UBICACIÓN	VIVIENDAS LEVANTADAS	% LEVANTADO
1	Colinas de Bellavista	11	Parte Alta - Ladera	7	64%
2	Terrazas de Bellavista	34	Ladera	14	41%
3	San Vicente	70	Parte Alta	8	11%
4	Planada de San Francisco	70	Parte Baja	40	57%
5	Campo Alegre	38	Parte Alta	8	21%
6	Pedregal	26	Ladera	13	50%
7	Laderas de San Francisco	32	Ladera	13	41%
8	Cristo Rey II	15	Parte Alta - Ladera	10	67%
9	Cristo Rey	80	Parte Alta	6	8%
0	Mira Quito	10	Parte Alta	5	50%
	TOTAL	386		124	32%

Tabla N° 10.27. Número de viviendas levantadas en los barrios de la zona de estudio

Adicionalmente, como se puede observar, en los barrios ubicados en zonas más críticas correspondientes a las laderas, se levantó la información en un porcentaje mayor, el cual, en todos los casos, supera el 40% del total de viviendas del barrio.

El levantamiento de la información se realizó los días sábado 18 de marzo, domingo 26 de marzo y sábado 22 de abril, con la colaboración de estudiantes de los niveles más avanzados de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional, quienes cuentan con el conocimiento suficiente para identificar los diferentes parámetros incluidos en la Ficha de Evaluación.

Adicionalmente, el jueves 16 de marzo se impartió una capacitación a dichos estudiantes con el fin de que se familiaricen con la Ficha de Evaluación diseñada para el presente proyecto y reforzar los criterios de cada uno de los parámetros a ser evaluados. Además, durante el levantamiento de campo, se contó con la supervisión permanente de los especialistas responsables de la presente consultoría.

En campo se formaron hasta cinco grupos de trabajo conformados por dos personas cada uno, y se procedió al levantamiento de información en coordinación con los líderes de los diferentes barrios y de los habitantes del sector que, en general, colaboraron activamente con los grupos de trabajo, gracias a la previa socialización de las actividades a realizar para obtener la información requerida.



Foto N° 10.29. Grupo de trabajo levantamiento en campo, sábado 18 de marzo de 2017



Foto N° 10.30. Trabajo en conjunto con la comunidad de Terrazas de Bellavista

Resultados de la Evaluación Vulnerabilidad Física

Resultados generales

Como resultados generales se confirma lo indicado anteriormente en relación a la informalidad de la construcción, la uniformidad de las estructuras que en su gran mayoría corresponden a estructuras de un piso, con una predominancia de construcciones de mampostería simple y semi confinada (únicamente con columnetas).

En los Gráficos N° 10.1, N° 10.2 y N° 10.3 se muestran los resultados de los parámetros antes mencionados, con base en el levantamiento de campo realizado:

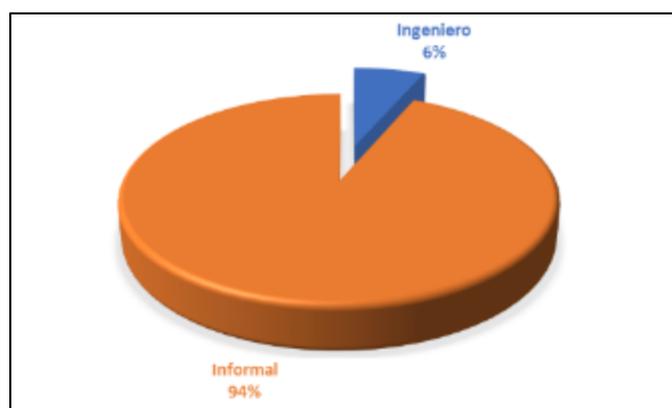


Gráfico N° 10.1. Formalidad técnica de la construcción

Se observa que casi la totalidad de las viviendas (94%) fueron construidas de manera informal, sin asesoría técnica de un profesional calificado, en tanto que apenas un 6% contó con la participación de un ingeniero / arquitecto en el diseño y/o construcción.

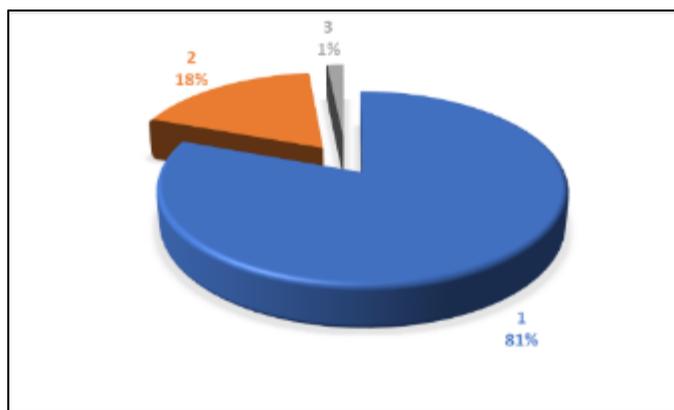


Gráfico N° 10.2. Número de pisos de las estructuras

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% constituyen estructuras de tres pisos; no existen viviendas de cuatro o más pisos.

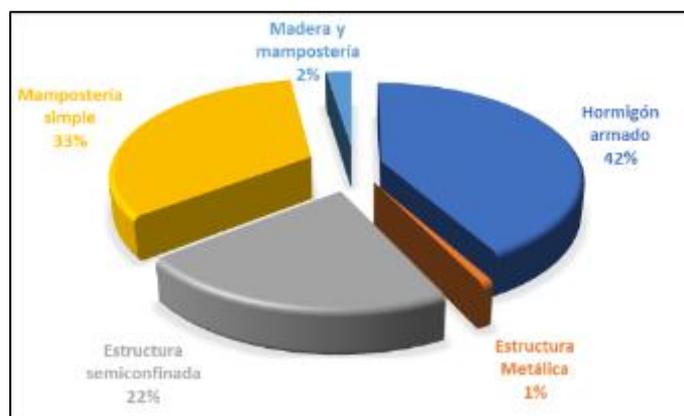


Gráfico N° 10.3. Tipo de estructura

Un 57% de las viviendas están construidas con sistemas estructurales con mampostería, un 33% corresponde a mampostería simple (bloque trabado), un 2% a mampostería con madera y un 22% a mampostería semiconfinada en la cual los elementos de confinamiento constituyen únicamente columnetas de hormigón armado, lo cual no llega a ser un sistema estructural solvente. El restante 43% corresponde a un tipo de estructura que se puede catalogar como reforzada (hormigón armado 42% y estructura metálica 1%) que, a pesar de la informalidad de la construcción, se muestra como un sistema estructural más confiable.

Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por amenaza sísmica

Con base en los datos levantados en las viviendas de los diferentes barrios de la zona de estudio, se obtienen los siguientes resultados para vulnerabilidad física de edificaciones por amenaza sísmica, mostrados en la Tabla N° 10.28. y en el Gráfico N° 10.4:

No.	BARRIO	FICHAS PROCESADAS	VULNERABILIDAD SISMO		
			BAJA	MEDIA	ALTA
1	Colinas de Bellavista	7	1	4	2
2	Terrazas de Bellavista	14	6	6	2
3	San Vicente	8	5	3	0
4	Planada de San Francisco	40	8	29	3
5	Campo Alegre	8	3	5	0
6	Pedregal	13	2	11	0
7	Laderas de San Francisco	13	2	11	0
8	Cristo Rey II	10	3	5	2
9	Cristo Rey	6	4	1	1
10	Mira Quito	5	2	3	0
TOTAL		124	36	78	10

Tabla Nº 10.28. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por amenaza sísmica

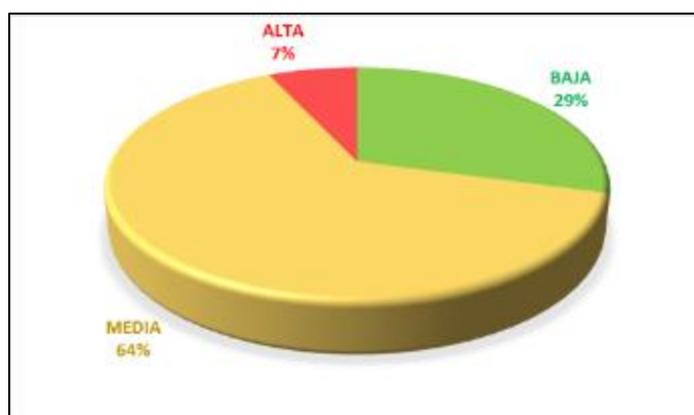


Gráfico Nº 10.4. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por amenaza sísmica

Se observa que un 71% de las estructuras levantadas tienen una vulnerabilidad física por amenaza sísmica entre media y alta.

Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por asentamientos

Con base en los datos levantados en las viviendas de los diferentes barrios de la zona de estudio, se obtienen los siguientes resultados para vulnerabilidad física de edificaciones por asentamientos, mostrados en la Tabla N° 10.29 y en el Gráfico N° 10.5:

No.	BARRIO	FICHAS PROCESADAS	VULNERABILIDAD ASENTAMIENTOS		
			BAJA	MEDIA	ALTA
1	Colinas de Bellavista	7	5	2	0
2	Terrazas de Bellavista	14	10	3	1
3	San Vicente	8	7	1	0
4	Planada de San Francisco	40	18	21	1
5	Campo Alegre	8	7	1	0
6	Pedregal	13	11	2	0
7	Laderas de San Francisco	13	12	1	0
8	Cristo Rey II	10	10	0	0
9	Cristo Rey	6	5	1	0
10	Mira Quito	5	4	1	0
TOTAL		124	89	33	2

Tabla N° 10.29. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por asentamientos

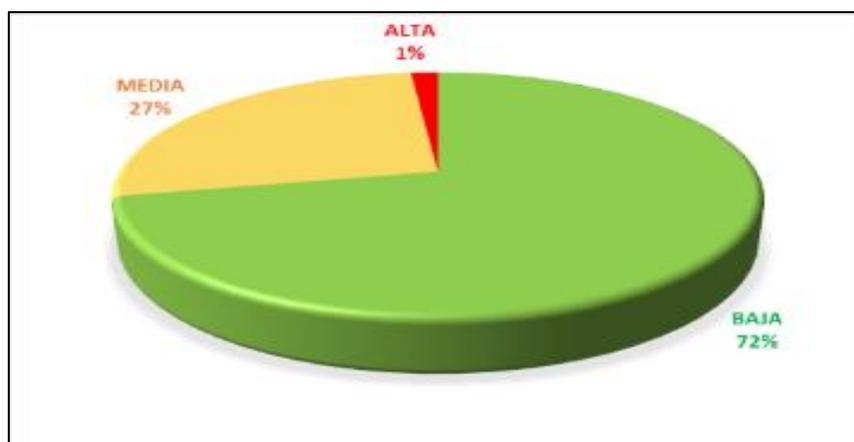


Gráfico N° 10.5. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por asentamientos

Se observa que un 72% de las estructuras tiene una vulnerabilidad física baja por asentamientos.

Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por deslizamientos

Es importante aclarar que los resultados que se muestran más adelante, en relación a la vulnerabilidad física de viviendas por deslizamientos, corresponde solo a aquellas que se ubican en una zona de exposición a estos eventos, pues no tiene sentido el análisis de la vulnerabilidad en ausencia de la amenaza.

Con base en los datos levantados en las viviendas de los diferentes barrios de la zona de estudio que se encuentran en la zona de exposición por inestabilidad de terrenos (laderas), se obtienen los siguientes resultados para vulnerabilidad física de edificaciones por deslizamientos, mostrados en la Tabla N° 10.30 y en el Gráfico N° 10.6.

No.	BARRIO	FICHAS PROCESADAS	VULNERABILIDAD DESLIZAMIENTO		
			BAJA	MEDIA	ALTA
1	Colinas de Bellavista	7	5	0	2
2	Terrazas de Bellavista	11	0	7	4
3	San Vicente	4	2	1	1
4	Planada de San Francisco	0	0	0	0
5	Campo Alegre	2	2	0	0
6	Pedregal	13	6	2	5
7	Laderas de San Francisco	13	4	5	4
8	Cristo Rey II	8	7	0	1
9	Cristo Rey	0	0	0	0
10	Mira Quito	0	0	0	0
		58	26	15	17

Tabla N° 10.30. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por deslizamientos

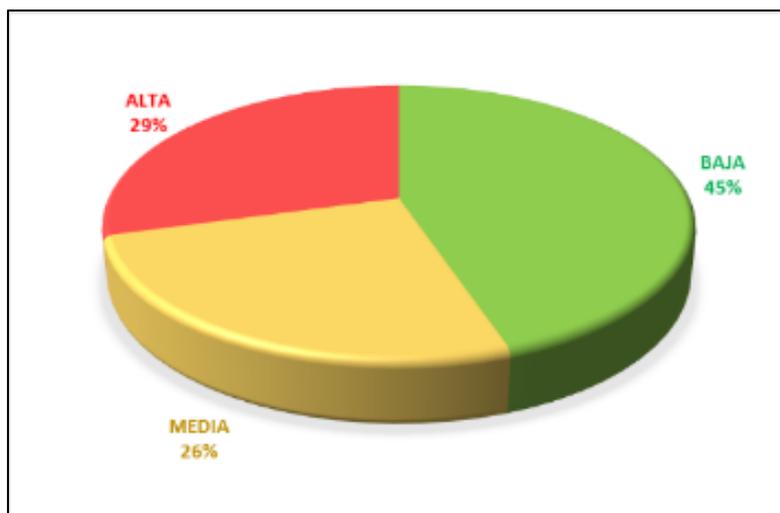


Gráfico Nº 10.6. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones por deslizamientos

Se observa que un 55% de las estructuras levantadas tienen una vulnerabilidad física por deslizamientos entre media y alta.

Resultados ponderados de vulnerabilidad física de edificaciones

Con el fin de obtener una medida ponderada de la vulnerabilidad física de las edificaciones existentes en la zona de estudio, se estableció la equivalencia numérica mostrada en la Tabla Nº 10.31, en función del nivel de vulnerabilidad para los eventos analizados (sismo, asentamientos y deslizamientos):

NIVEL DE VULNERABILIDAD	EQUIVALENCIA NUMÉRICA VULNERABILIDAD
BAJA	1
MEDIA	2
ALTA	3

Tabla Nº 10.31. Equivalencia numérica en función del nivel de vulnerabilidad

Por otra parte, de las tres vulnerabilidades analizadas para las viviendas, los asentamientos se presentan como un problema de menor gravedad, pues las estructuras no transmiten altas cargas al suelo, por ser en su mayoría estructuras de una sola planta, además de que, en general, por las condiciones del suelo no existe propensión a asentamientos.

En cambio, toda la zona de estudio tiene un peligro sísmico alto según la zonificación sísmica de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) y de la misma manera la amenaza por deslizamientos es considerable en la zona de laderas.

Por lo indicado en el párrafo anterior, para establecer la vulnerabilidad física global de las estructuras, se ha tomado un factor de ponderación igual a un 40% tanto para la vulnerabilidad para sismo como para deslizamientos, en tanto que a la vulnerabilidad por asentamientos se le ha asignado un factor de ponderación del 20%. Así, para determinar la equivalencia numérica de la vulnerabilidad física global de las estructuras, se aplica la siguiente ecuación:

$$EV = 0.4 EV_{SÍSMICA} + 0.4 EV_{DESIZAMIENTOS} + 0.2 EV_{ASENTAMIENTOS}$$

Donde:

EV	equivalencia numérica vulnerabilidad física global
EV _{SÍSMICA}	equivalencia numérica vulnerabilidad sísmica
EV _{DESIZAMIENTOS}	equivalencia numérica vulnerabilidad por deslizamientos
EV _{ASENTAMIENTOS}	equivalencia numérica vulnerabilidad por asentamientos

Aplicando la formulación indicada, se obtienen los resultados de vulnerabilidad física que se muestran en la Tabla N° 10.32. y en el Gráfico N° 10.7:

No.	BARRIO	VULNERABILIDAD FÍSICA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
1	Colinas de Bellavista	4	2	1
2	Terrazas de Bellavista	6	6	2
3	San Vicente	5	3	0
4	Planada de San Francisco	8	29	3
5	Campo Alegre	5	3	0
6	Pedregal	5	8	0
7	Laderas de San Francisco	5	8	0
8	Cristo Rey II	7	3	0
9	Cristo Rey	4	2	0
10	Mira Quito	2	3	0
		51	67	6

Tabla N° 10.32. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones

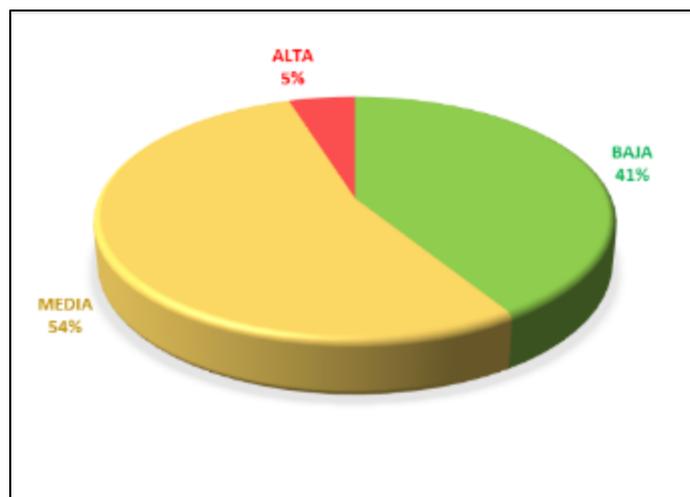


Gráfico N° 10.7. Resultados vulnerabilidad física de edificaciones

Se observa que un 59% de las estructuras levantadas tienen una vulnerabilidad física entre media y alta. Finalmente, para tener una medida de la vulnerabilidad física ponderada de cada uno de los barrios existentes en la zona de estudio, se calculó el porcentaje de los casos encontrados en cada barrio dentro de los diferentes niveles de vulnerabilidad, conforme se muestra en la Tabla N° 10.32:

No.	BARRIO	VULNERABILIDAD FÍSICA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
1	Colinas de Bellavista	57%	29%	14%
2	Terrazas de Bellavista	43%	43%	14%
3	San Vicente	63%	38%	0%
4	Planada de San Francisco	20%	73%	8%
5	Campo Alegre	63%	38%	0%
6	Pedregal	38%	62%	0%
7	Laderas de San Francisco	38%	62%	0%
8	Cristo Rey II	70%	30%	0%
9	Cristo Rey	67%	33%	0%
10	Mira Quito	40%	60%	0%

Tabla N° 10.33. Distribución de niveles de vulnerabilidad física en los barrios de la zona de estudio

Los porcentajes anteriores fueron multiplicados por la equivalencia numérica en función del nivel de vulnerabilidad (BAJA=1, MEDIA=2, ALTA=3), obteniendo la equivalencia numérica de la vulnerabilidad ponderada para cada barrio (EV_{BARRIO}), la cual se la relaciona con el nivel de vulnerabilidad correspondiente, conforme se muestra en la Tabla N° 10.34. En la Figura N° 10.3 se representa de forma gráfica los resultados del nivel de vulnerabilidad física (viviendas e infraestructura) en la zona de estudio.

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° 10.34. Niveles de vulnerabilidad física en los barrios de la zona de estudio

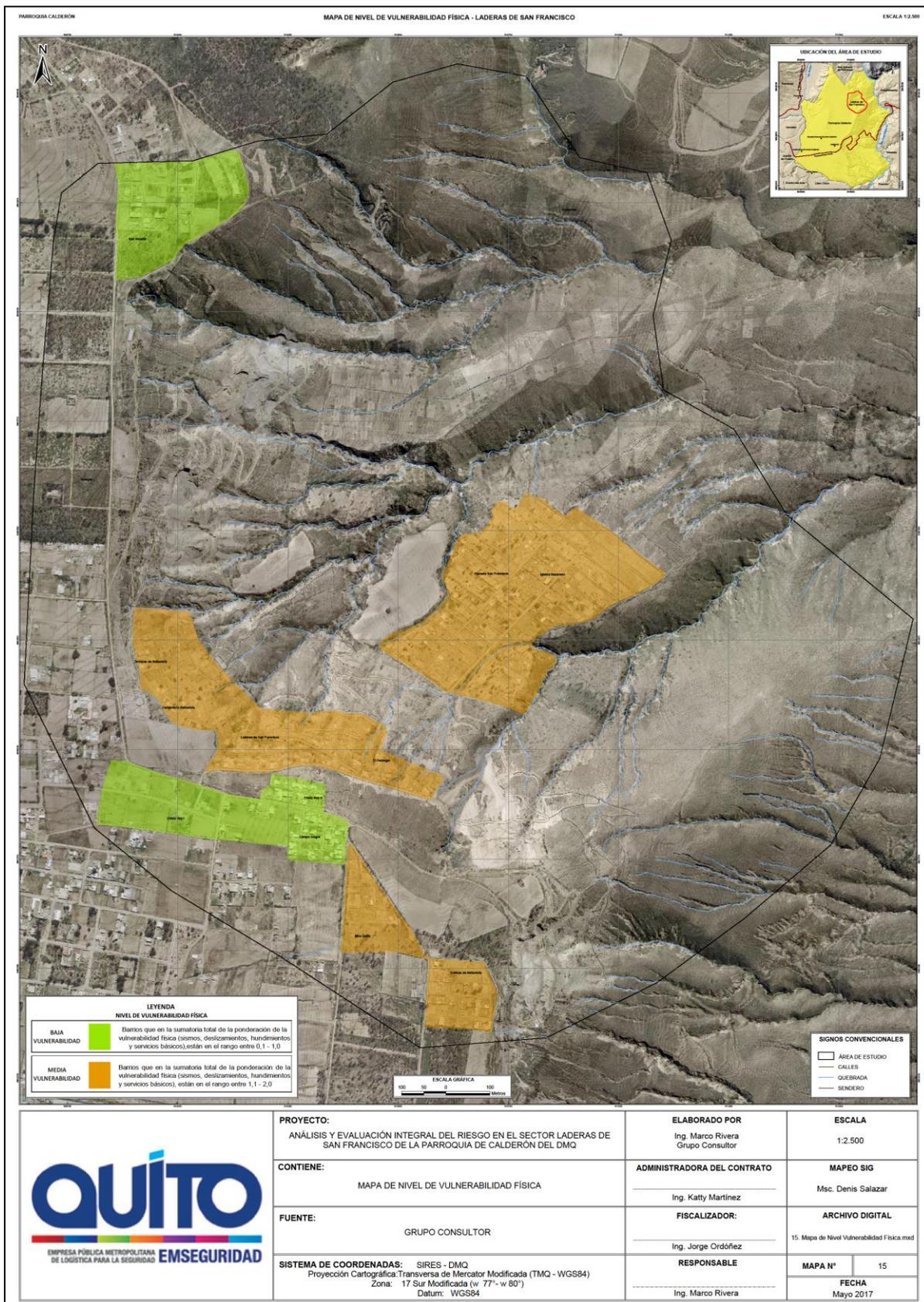


Figura Nº 10.3. Mapa de Nivel de Vulnerabilidad Física en la zona de estudio

Resultados de parámetros de inundación y erosión

Con base en los datos levantados mediante la Ficha de Evaluación de la Vulnerabilidad Física, en relación a las preguntas 50 y 51 sobre la ocurrencia o no de inundaciones y erosión, respectivamente, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla N° 10.35 y en los Gráficos N° 10.8 y N° 10.9:

No.	BARRIO	FICHAS PROCESADAS	PRESENCIA DE INUNDACIONES		PRESENCIA DE EROSIÓN	
			Sí	No	Sí	No
1	Colinas de Bellavista	7	1	6	7	0
2	Terrazas de Bellavista	14	1	13	12	2
3	San Vicente	8	1	7	0	8
4	Planada de San Francisco	40	5	35	5	35
5	Campo Alegre	8	0	8	2	6
6	Pedregal	13	3	10	11	2
7	Laderas de San Francisco	13	2	11	9	4
8	Cristo Rey II	10	3	7	1	9
9	Cristo Rey	6	1	5	0	6
10	Mira Quito	5	0	5	2	3
		124	17	107	49	75

Tabla N° 10.35. Resultados existencia de inundaciones y erosión

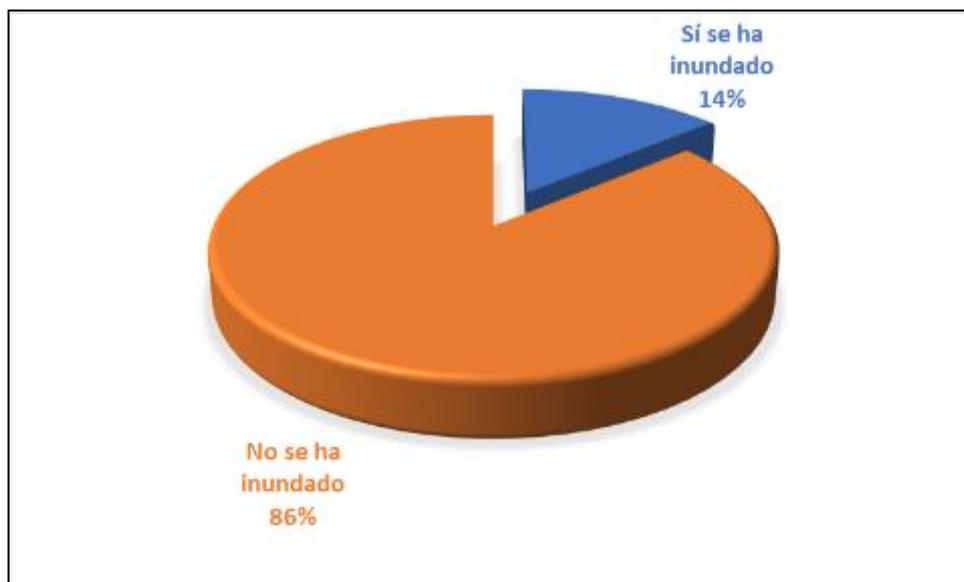


Gráfico N° 10.8. Presencia de inundaciones en las viviendas

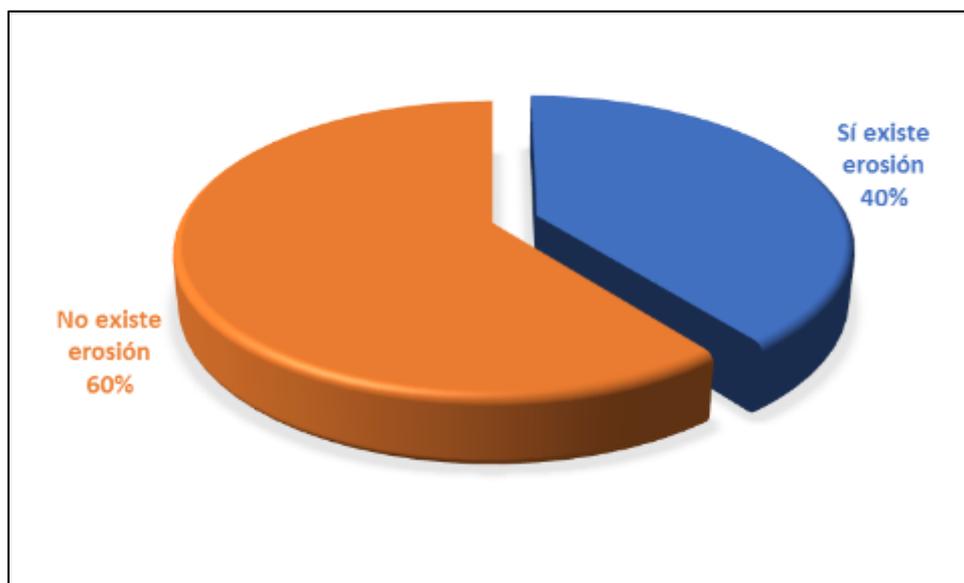


Gráfico N° 10.9. Presencia de erosión en los alrededores de las viviendas

Se observa que solamente un 14% de las viviendas han presentado alguna vez problemas de inundaciones, por lo que se concluye que esta amenaza no es un problema generalizado de la zona de estudio.

Por otra parte, la erosión se observa en un 40% de los sitios inspeccionados y, si se observa los resultados presentado en la Tabla N° 10.35, se puede advertir que la existencia de erosión se da principalmente en los barrios ubicados en la zona de laderas (Colinas de Bellavista, Terrazas de Bellavista, Pedregal y Laderas de San Francisco).

Resultados de la vulnerabilidad física de servicios del sector

En general, los servicios de vialidad, agua potable y alcantarillado, como se mencionó en anteriormente presentan condiciones constructivas deficientes sobre todo en la zona de laderas, lo cual no es favorable para preservar la integridad física de dichas obras.

En relación a las vías de la zona de estudio, la carencia de sistemas de drenaje adecuados y de una estructura mínima de pavimento, las hace vulnerables a la erosión, lo cual se manifiesta en la existencia de surcos y una superficie altamente irregular. Adicionalmente, en la zona de laderas, las zanjas excavadas al pie de los taludes y las descargas sin estructuras hacia las quebradas, si bien aportan con el drenaje, no constituyen un sistema técnicamente conveniente, lo cual hace que las vías estén expuestas a eventos de deslizamientos que, de darse, impedirían el acceso vehicular desde y hacia la parte baja (Planada de San Francisco) al no existir vías alternas.

En lo referente al sistema de agua potable, el principal problema se evidencia en las tuberías aéreas que cruzan las quebradas en la zona de las laderas, pues no cuentan con un sistema apropiado de soporte y sujeción. Si bien la flexibilidad propia de las tuberías de PVC permite grandes deformaciones, el hecho de que permanezcan simplemente colgadas, hace que sean vulnerables a eventos de deslizamientos. 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 que se ubican en los taludes sin mayor técnica, lo cual hace que sean vulnerables a deslizamientos.

Finalmente, como se mencionó en las descripciones anteriormente, el sistema eléctrico no presenta mayores inconvenientes, pues corresponde a postes de hormigón hincados adecuadamente. De igual manera no presentan problemas las obras de la Línea de Transmisión Inga – Pomasqui y el OCP, puesto que su diseño y construcción está fundamentado en estudios técnicos conforme las normativas técnicas vigentes en el país.

En la Tabla Nº 10.36 se presenta un resumen de lo antes anotado, representado en niveles de vulnerabilidad obtenidos de forma cualitativa, con base en las inspecciones realizadas:

SERVICIO	PARTE ALTA	LADERAS	PARTE BAJA
Caminos	MEDIA	ALTA	MEDIA
Sistema de agua potable	BAJA	ALTA	BAJA
Sistema de alcantarillado	BAJA	ALTA	BAJA
Sistema eléctrico	BAJA	BAJA	BAJA

Tabla Nº 10.36. Niveles de vulnerabilidad física de los servicios existentes en la zona de estudio

10.3 ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL

En base al estudio de la vulnerabilidad social y física de la zona de estudio, se hace una ponderación de la Vulnerabilidad Total, haciendo una consideración de la combinación de las dos vulnerabilidades acorde a la Tabla N° 10.37.

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

Tabla N° 10.37. Niveles de Vulnerabilidad Total en base a la Vulnerabilidad física y social en la zona de estudio

BARRIO	Vulnerabilidad Física	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad Total
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° 10.38. Evaluación de la Vulnerabilidad Total por Barrios en la zona de estudio

En base a estos resultados se realizó la Valoración Cualitativa del Riesgo en la zona de estudio, tomando en consideración tanto la Vulnerabilidad como la Susceptibilidad; los cuales están representados en la Figura N° 10.4; donde es posible ver que existen barrios con baja, media y alta vulnerabilidad.

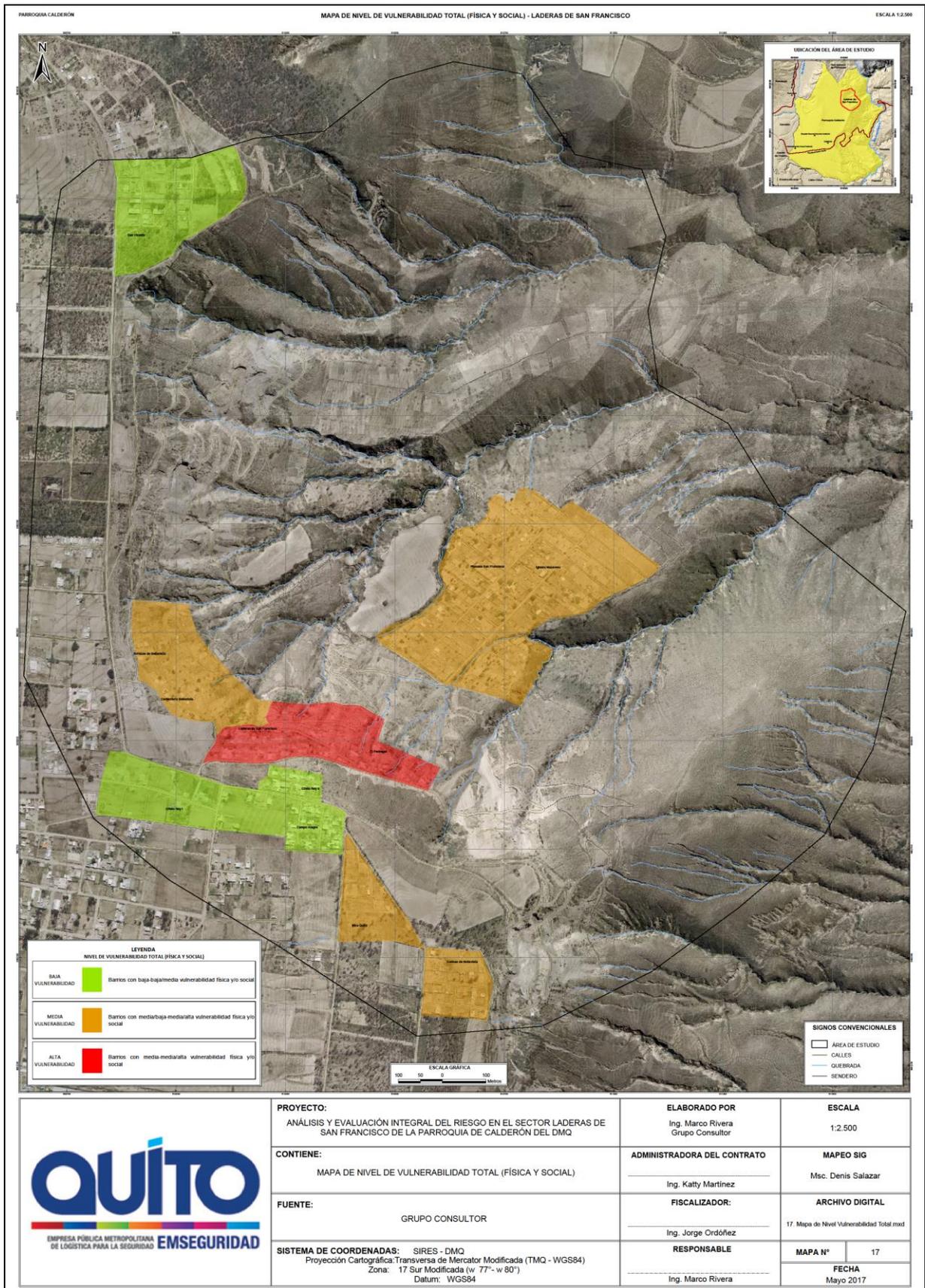
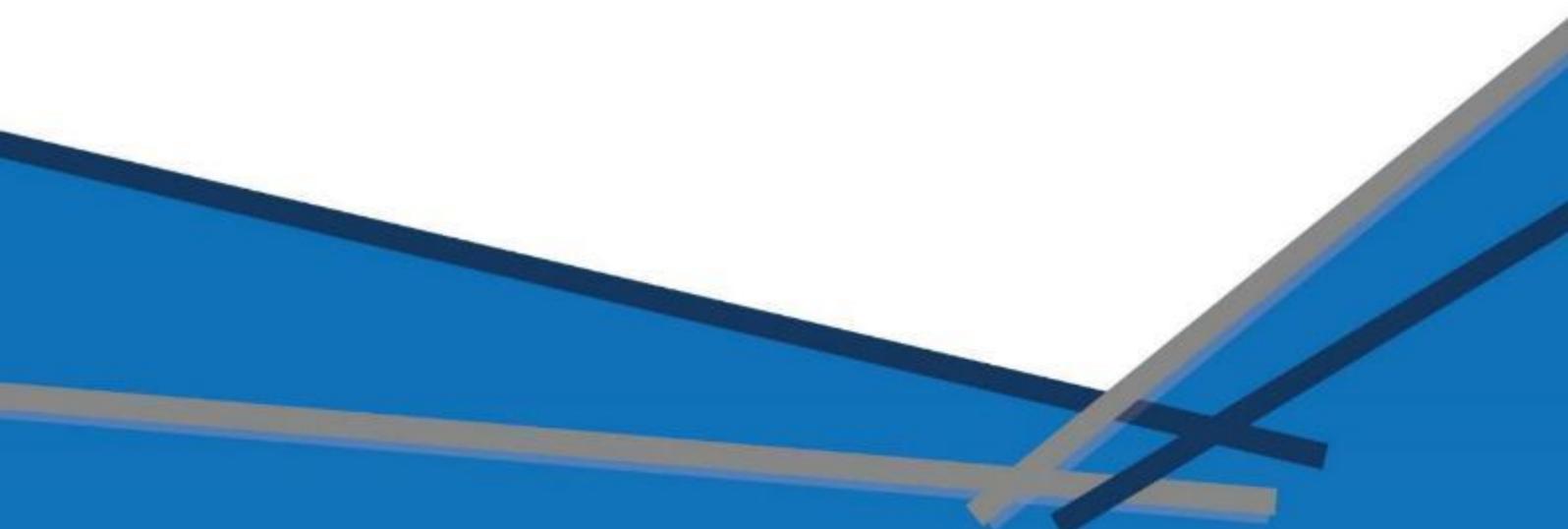


Figura N° 10.4. Mapa de Nivel de Vulnerabilidad Total en la zona de estudio

CAPÍTULO XI

An abstract graphic consisting of several overlapping lines in shades of blue and grey, creating a sense of depth and movement. The lines are thick and have a slight 3D effect, with some appearing to cross over others.

**ANÁLISIS DEL RIESGO POR
INESTABILIDAD DE TERRENOS**

CAPÍTULO XI

ANÁLISIS DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

La zona de estudio está expuesta a varias amenazas naturales de origen geológico e hidrometeorológico; se realizó: El Análisis General de las Amenazas Naturales y Antrópicas (Capítulo VII); Zonificación de la Amenaza - Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos (Capítulo VIII) y Estudio de la Vulnerabilidad Física y Social (Capítulo X).

Sobre la base de los estudios mencionados se efectuó la Evaluación del Riesgo, tomando en cuenta que la mayor amenaza a la que está expuesta la población en Laderas de San Francisco es la Inestabilidad de Terrenos, que pueden afectar a la población y sus bienes, a la infraestructura de servicios y acceso vial a la zona de Planada de San Francisco.

11.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

Sobre la base de la descripción de la metodología, se analizó la información referente a los indicadores cualitativos y cuantitativos de los factores de riesgo, que sustentan el proceso de investigación del proyecto. En este sentido se describen los correspondientes a las amenazas, vulnerabilidad y riesgos.

Amenaza

Partiendo del concepto de Amenaza Natural o Peligro Natural (A), aplicado en el presente estudio, como la probabilidad de que un evento natural se presente en un sitio y tiempo determinado, con posibilidad de afectar a personas, bienes y medio ambiente (EIRD.org, web page, 2017).

Se ha considerado como amenazas las de origen geológico (volcánica, sísmica y por inestabilidad de terrenos), Hidrometeorológico (erosión hídrica-laminar), y antrópicas (incendios forestales y contaminación ambiental).

Para el análisis de amenaza, dentro del proceso metodológico, se ha considerado el análisis de susceptibilidad temática, conceptuada como el grado de propensión que tiene una zona a ser afectada, debido a sus condiciones naturales intrínsecas. Dentro de la metodología aplicada se realiza a través de la zonificación de factores de susceptibilidad.

El Resumen de las amenazas encontradas en la zona consta en la Tabla N° 11.1.

	BARRIO	Laderas San Francisco	Pedregal	Terrazas de Bellavista	Planada de San Francisco	Cristo Rey I	Cristo Rey II	San Vicente	Campo Alegre	Mira Quito	Colinas de Bellavista
AMENAZA											
Volcánica		Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Sísmica		Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Inestabilidad de Terrenos		Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Baja	Muy Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja
Erosión Laminar		Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Incendios Forestales		Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Contaminación / Canteras Abandonadas		Baja	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Media

Tabla Nº 11.1. Niveles de Amenaza en los distintos barrios de la zona de estudio.

Vulnerabilidad

Partiendo del concepto de Vulnerabilidad (V), aplicado en el presente estudio, como un factor de riesgo interno, referente al grado de exposición de los elementos esenciales (socioeconómicos, prevención y respuesta, percepción local/resiliencia e infraestructura) a nivel parroquial, ante amenazas naturales. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto socioeconómico, capacidad de resiliencia, percepción del riesgo e infraestructura, se aplican ante los diversos fenómenos naturales peligrosos, lo cual permite zonificar los niveles de riesgos (EIRD.org, web page, 2017).

Para cuantificar la vulnerabilidad se ha hecho un análisis de la vulnerabilidad social y física de todos los barrios (San Vicente, Cristo Rey I, Cristo Rey II, Campo Alegre, Mira Quito, Colinas de Bellavista, Planada de San Francisco, Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista y Pedregal); el levantamiento se hizo mediante talleres la vulnerabilidad social y mediante un levantamiento de las viviendas, tomando una muestra representativa en la vulnerabilidad física. La vulnerabilidad social abarcó áreas temáticas como los aspectos demográficos, nivel de educación, salud, actividades económicas, aspectos socio-culturales y organizativos y tenencia de la propiedad. La vulnerabilidad física se efectuó con relación a la vulnerabilidad ante sismos, ante inestabilidad de terrenos (deslizamientos) y por hundimientos.

El resumen de la Vulnerabilidad Física consta la Tabla N° 11.2 y la social en la Tabla N° 11.3

No.	BARRIO	EV _{BARRIO}	VULNERABILIDAD FÍSICA BARRIO
1	Colinas de Bellavista	1.6	MEDIA
2	Terrazas de Bellavista	1.6	MEDIA
3	Planada de San Francisco	1.9	MEDIA
4	Campo Alegre	1.4	BAJA
5	Pedregal	1.6	MEDIA
6	Laderas de San Francisco	1.5	MEDIA
7	Cristo Rey II	1.3	BAJA
8	Cristo Rey	1.3	BAJA
9	Mira Quito	1.4	BAJA

Tabla N° 11.2. Resumen de la Vulnerabilidad Física en el Área de Estudio

RESUMEN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL POR BARRIO																					
Criterio de evaluación	Variable evaluada	Campo Aleg		Colinas Bv		Cristo Rey I		Cristo Rey II		Laderas S.F.		Mira Quito		Pedregal		Planada S.F.		San Vicente		Terrazas B.	
		% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond	% Diag	Pond
Aspectos Demográficos	Población vulnerable por distribución etarea	9,2	1,0	10,9	1,0	21,0	1,0	11,3	1,0	19,7	1,0	16,5	1,0	15,2	1,0	18,3	1,0	22,1	1,0	13,2	1,0
Educación de la Población	Instrucción formal de la población	55,9	2	60,0	2	50,3	2	46,8	2	63,2	2	62,4	2	63,2	2	62,5	2	61,3	2	57,9	2
	Información y conocimiento de la población en gestión de riesgos	26,3	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	53,1	2	0,0	3	0,0	3	89,1	1	0,0	3	65,3	2
	Percepción del riesgo	100,0	1	100,0	1	18,8	3	100,0	1	65,6	2	100,0	1	100,0	1	79,2	1	100,0	1	100,0	1
Salud de la Población	Acceso de la población a servicios básicos		1		3		1		2		2		2		2		2		2		2
	Acceso de la población a la Red Pública y Complementaria de Salud		2		2		1		1		2		2		2		2		2		2
			1,5		2,5		1,0		1,5		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0
Actividades Económicas de la Población	Ingresos económicos de la población		3		3		3		3		3		3		3		3		3		3
	Acceso a empleo de la población	37,5	2	43,6	2	53,3	2	37,1	2	42,7	2	44,7	2	39,2	2	56,7	2	47,5	2	46,7	2
	Migración de la población		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Aspectos socio culturales y organizativos de la Población			2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0		2,0
	Pertenencia religiosa de la población	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3	100,0	3
	Organización familiar para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	10,0	3	0,0	3	31,3	3	0,0	3	0,0	3	5,0	3	0,0	3	65,3	2
	Organización comunitaria para la gestión de riesgos	0,0	3	0,0	3	62,5	2	0,0	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	0,0	3	65,3	2
	Acceso de la comunidad a medios de comunicación		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Tenencia de la propiedad	Tenencia de la propiedad		2,0		1,0		2,0		2,0		3,0		1,0		3,0		2,0		1,0		3,0
			1,8		1,8		1,8		1,8		2,1		1,8		2,1		1,8		1,8		1,9
			0,1 - 1,0		Susceptibilidad social BAJA																
			1,1 - 2,0		Susceptibilidad social MEDIA																
			2,1 - 3,0		Susceptibilidad social ALTA																

Tabla Nº 11.3. Resumen de la Vulnerabilidad Social en el Área de Estudio

Riesgo

Partiendo del concepto de Riesgo (R), aplicado en el presente estudio: “como los daños probables que podrían generarse por efecto de una amenaza a las personas, bienes y medio ambiente” (EIRD.org, web page, 2017).

Esta 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:

$$R = (A \times V).$$

11.1.1 Evaluación Cuantitativa y Cualitativa del Riesgo

En base a la Tabla N° 11.3 que se ha obtenido para el análisis de la amenaza - susceptibilidad (Capítulo VII) y la vulnerabilidad (Capítulo X) podemos hacer una evaluación Cualitativa del Riesgo multiplicando Amenaza x Vulnerabilidad y obtener una primera aproximación del grado de Riesgo existente (Tabla N° 11.4).

Del análisis de las amenazas y vulnerabilidades, vemos que existe Riesgo Muy Bajo en todos los barrios frente a la amenaza volcánica, inundaciones, incendios forestales y contaminación; la amenaza sísmica es alta en toda la zona de análisis.

La Susceptibilidad por Inestabilidad de Terrenos en cambio presenta grandes variaciones, la mayor parte de los Barrios están en zonas de Baja y Muy Baja Susceptibilidad por FRM; en cambio los tres barrios asentados en el escarpe del antiguo Macro deslizamiento de Laderas de San Francisco están en zonas calificadas como de Muy Alta Susceptibilidad; estos barrios son Laderas de San Francisco, Terrazas de Bellavista y Pedregal (Tabla N° 11.5).

Del análisis de las encuestas levantadas en el trabajo de la Vulnerabilidad Social, existe muy poca aceptación de los moradores de estos barrios para moverse de sus casas y terrenos, aunque estén en una zona de alta amenaza; por ello será necesario formular planes de Gestión de Riesgos para fortalecer las capacidades de respuesta de los moradores de estos sectores para así reducir la vulnerabilidad ante FRM.

La zona de estudio presenta claras evidencias de Inestabilidad de Terrenos, y así se ven intensos procesos erosivos, colapsos en las vías de acceso a los barrios y un antiguo deslizamiento rotacional, cubierto en parte por la Fm. Cangahua; los barrios asentados en esta zonas también presentan las valoraciones más bajas en la ponderación de la Vulnerabilidad Total, por ello caen en los rangos de Alto Riesgo y Alto Riesgo no Mitigable; la representación gráfica de los resultados se halla en la 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° 11.4. 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° 11.5. Evaluación del Riesgo por Barrios en la zona de estudio

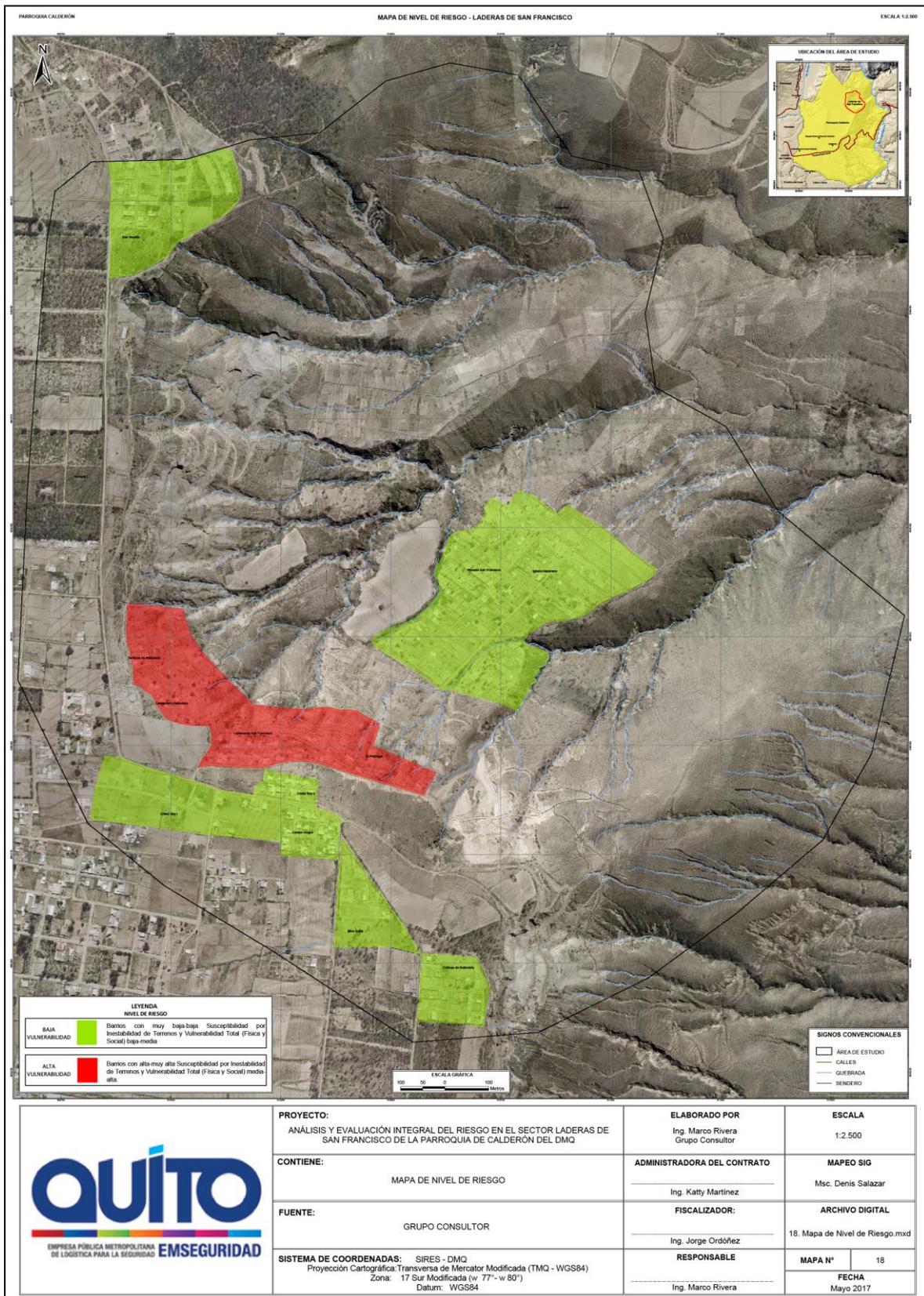


Figura N° 11.1. Mapa de Nivel de Riesgo en la zona de estudio.

11.2 ESCENARIOS DE RIESGO POR INESTABILIDAD DE TERRENOS

Es necesario analizar los escenarios de daños que se pueden dar en caso de que continúe la erosión a la rata actual, y un evento grande; con la finalidad de elaborar más tarde los planes para afrontar dichos sucesos.

El análisis de la susceptibilidad por FRM determina que los barrios Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista están en zonas de muy alta susceptibilidad por colapsos y derrumbes, no hay referencias de la población de eventos grandes; no obstante se ha constatado en el campo que los procesos erosivos son importantes y las viviendas están cada vez más cerca de sufrir afectaciones porque no están asentadas en suelo firme.

Se hace un análisis del retroceso de los taludes de caminos de acceso utilizando Google Earth, y con ello y las referencias de los pobladores se elaborarán dos escenarios de afectación.

También en base de los resultados del Factor de Seguridad se establecen escenarios de afectación en las zonas pobladas en caso de un sismo fuerte.

Terrazas de Bellavista: En la zona de Terrazas de Bellavista se utilizan las imágenes de Mayo/2003 y de Julio/2014; la principal variación es el uso del suelo, se observa que en la imagen del año 2003 no está construida ninguna vivienda, al año 2014 se ven más de 25 casas edificadas.

Los taludes de los drenajes secos de la zona no muestran variación importante, por ello se infiere que no existe un retroceso de más de 1-2 m desde el borde de la quebrada seca, lo que no es medible con esta imagen (Figuras N° 11.2 y N° 11.3).

Laderas de San Francisco: El barrio Laderas de San Francisco para Mayo/2003 tenía mayor ocupación del terreno con viviendas, por lo menos unas 10-15 casas para esa época. En la imagen de Julio/2014 tenemos la entrada al barrio con nuevas viviendas.

Los procesos erosivos también se intensifican en la parte baja del barrio; no obstante no son muy grandes y nuevamente se podría considerar un avance de 1-2 m en los taludes de los caminos de acceso (Planada de San Francisco); esta vía ya estaba construida en esa época para la entrada a terrenos agrícolas (Figuras N° 11.4 y N° 11.5).

Las quebradas muestran más vegetación arbustiva debido a que las plantas crecen gracias a la humedad de las aguas servidas que provienen de las casas de la parte superior.



Figura N° 11.2. Barrio Terrazas de Bellavista, Mayo/2003, no existen viviendas en la zona.



Figura N° 11.3. Barrio Terrazas de Bellavista, Julio/2014, más de 25 casas construidas.



Figura N° 11.4. Barrio Laderas de San Francisco, Mayo/2003, 8-10 casas construidas.



Figura N° 11.5. Barrio Laderas de San Francisco, Julio/2014, más de 30 casas construidas.

Pedregal: Esta zona no estaba habitada en Mayo/2003, existía un acceso para una cantera (ilegal?); procesos erosivos activos, en una zona muy seca. Para Julio/2014 se ve que se han levantado por lo menos 15 casas, tanto en la vía a Planada de San Francisco, como en el acceso a la Cantera. También las dos casas de la parte inferior hoy están abandonadas por la alta amenaza por terrenos inestables en esa zona, según referencia de los vecinos, los habitantes de esas casas se acogieron al Plan de Relocalización del MDMQ. En esta zona se puede estimar la erosión en 1-2 m, ya que no hay evidencias de una erosión intensa, esto se puede deber a las escasas precipitaciones que se tiene en la zona (Figuras N° 11.6 y N° 11.7).



Figura N° 11.6. Barrio Pedregal, Mayo/2003 no existen casas construidas y hay acceso a la cantera.

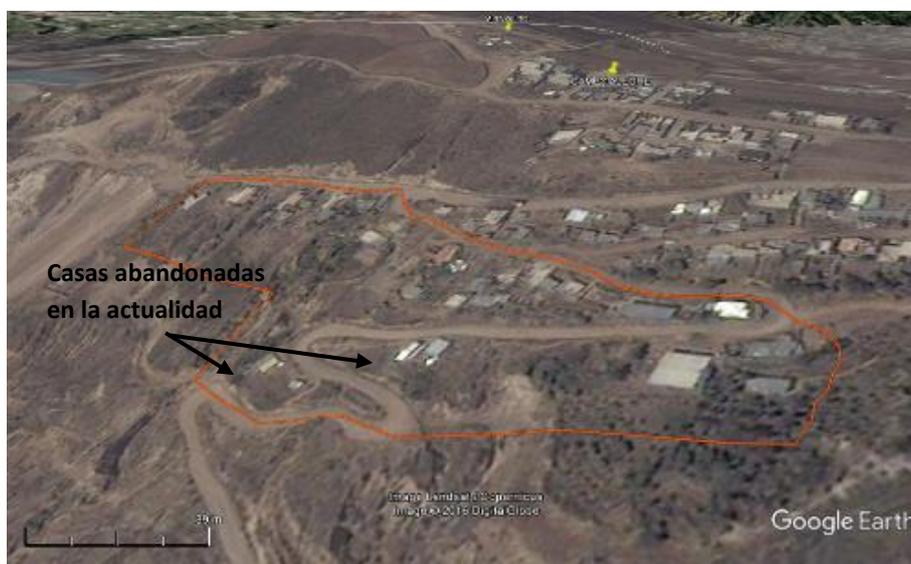


Figura N° 11.7. Barrio Pedregal, Julio 2014. Existen varias casas construidas y hay acceso a la cantera.

Evaluación de la erosión y colapsos de taludes

Una vez que se analizaron las imágenes de Google Earth, y tomando en consideración las referencias de los moradores de los tres barrios afectados, podemos considerar que la erosión regresiva no es intensa, a pesar de que existen claras evidencias que hay una fuerte inestabilidad de terrenos, podemos estimar que desde el año 2003, hasta el año 2014 hay un retroceso de los taludes de 1.0-2.0 m; por lo que se hará una media de 1.5 m; esto implica una rata de erosión 0.1 m/año en la zona de estudio.

Evaluación de la potencia de la masa del FRM rotacional

Analizando los afloramientos del camino de acceso a Planadas de San Francisco y en la Cantera San Rafael I, se puede ver que el gran deslizamiento rotacional se encuentra cubierto en su mayor parte por la Fm. Cangahua, la cual ha preservado de cierta forma la generación de nuevos eventos en la zona de escarpe del mismo.

No obstante por la apertura de caminos, urbanización de la misma y canteras clandestina se ha destapado los paleo-escarpes de este deslizamiento (Fotos N° 11.1 y 11.2); allí es posible ver que existen zonas desestabilizadas bajo la Cangahua con 3-5 m de potencia, este espesor se va a asumir como la potencia del material disponible para generar nuevos deslizamientos.



Foto N° 11.1. *Camino de acceso a Planada de San Francisco, los niveles sobre la Debris Avalancha son deleznales y pueden generar nuevos FRM; espesor aprox. 4.5-5.0 m.*

Se utilizará los datos obtenidos tanto de la erosión retrocedente (0.1 m/año) y un espesor de material suelto entre 3.0 – 5.0 m.

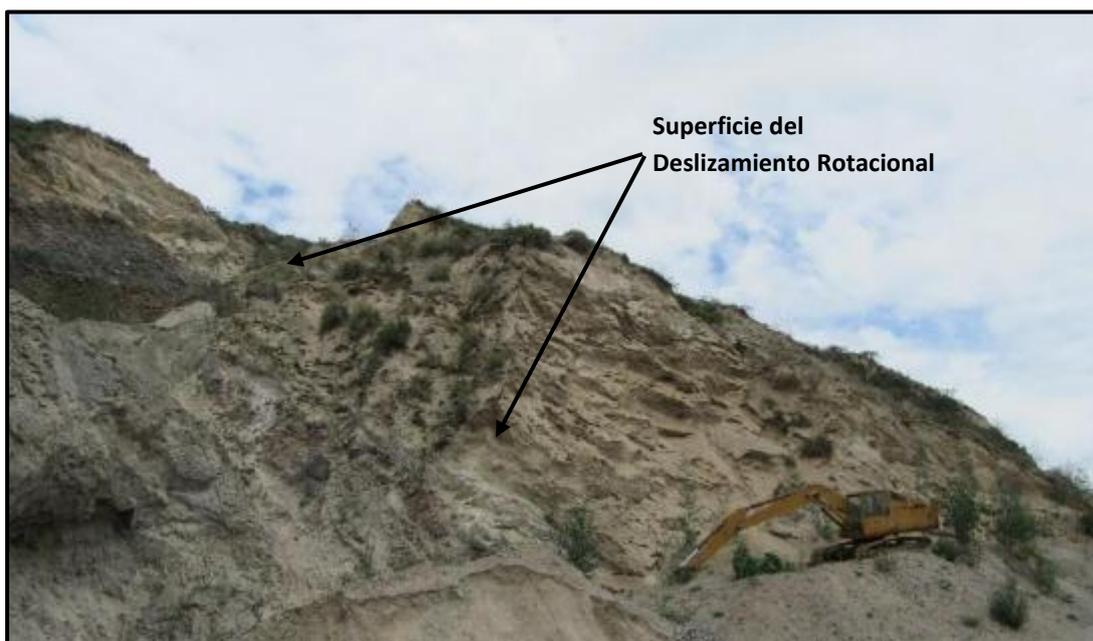


Foto N° 11.2. *Cantera San Rafael, se observa la ceniza y lapilli sobre el Depósito de Debris Avalancha se estima un espesor para el mismo de 5-6 m.*

Para el análisis de los escenarios de impactos se harán tres escenarios, el primero que continúe la misma tasa de erosión actual y el segundo que se produzca un evento importante y que se erosione rápidamente 0.5 m de los taludes en la zona de estudio; ello se puede producir por lluvias intensas y localizadas, o por un evento sísmico luego de la temporada de lluvias.

Finalmente el tercer escenario si se produce un sismo con una aceleración de 0.24 g en la componente vertical; en base a los resultados de estabilidad de taludes (Capítulo IX), siendo este el peor escenario que podría afectar sobre todo a los barrios asentados sobre el escarpe del antiguo deslizamiento en Laderas-Planada de San Francisco.

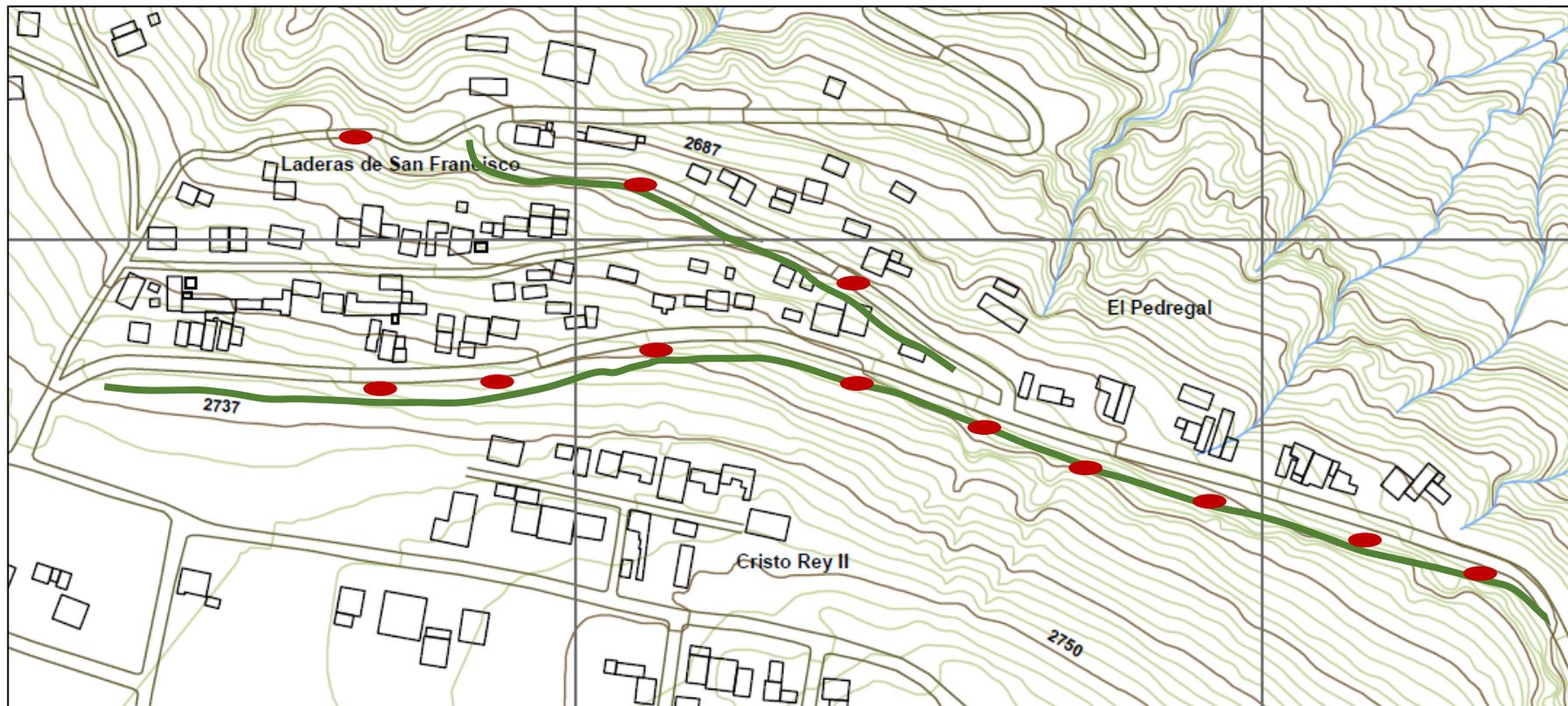
11.2.1 Escenario 1: Continúa la misma tasa de erosión actual

Si continua la misma tasa de erosión actual se puede calcular el siguiente volumen de sedimentos que pueden afectar a viviendas y vías de acceso en los barrios mencionados.

Se esperan pequeños colapsos de los taludes de la vía (Foto N° 11.3), sobre todo en la temporada de lluvias; estos colapsos pueden afectar la movilidad, pero es muy poco probable que lleguen a interrumpir el acceso vial a Planada de San Francisco o al barrio Pedregal.

Se recomienda acciones puntuales como la limpieza de cunetas y mantenimiento del camino con los mismos sedimentos que se obtengan de la limpieza de cunetas.

ESCENARIO 1: CONTINÚA LA TASA DE EROSIÓN ACTUAL (0.1 m/año)



Simbología

-  Colapsos de materiales al carretero
-  Zona de alta erosión retrocedente en los taludes del carretero

El volumen esperado de sedimentos resulta de multiplicar la tasa de erosión anual, por la longitud del tramo afectado y se estima un espesor de sedimentos de 1.5 m; ya que es poco probable que colapse todo nivel de sedimentos sueltos que están sobre los paleo-escarpes del Macro Deslizamiento de Laderas de San Francisco.

$$\text{Vol. Sedimentos} = 0.1 \text{ m} \times 12.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} = 1.8 \text{ m}^3$$

Este volumen de sedimentos es manejable y se puede evacuar fácilmente con la ayuda de maquinaria del MDMQ

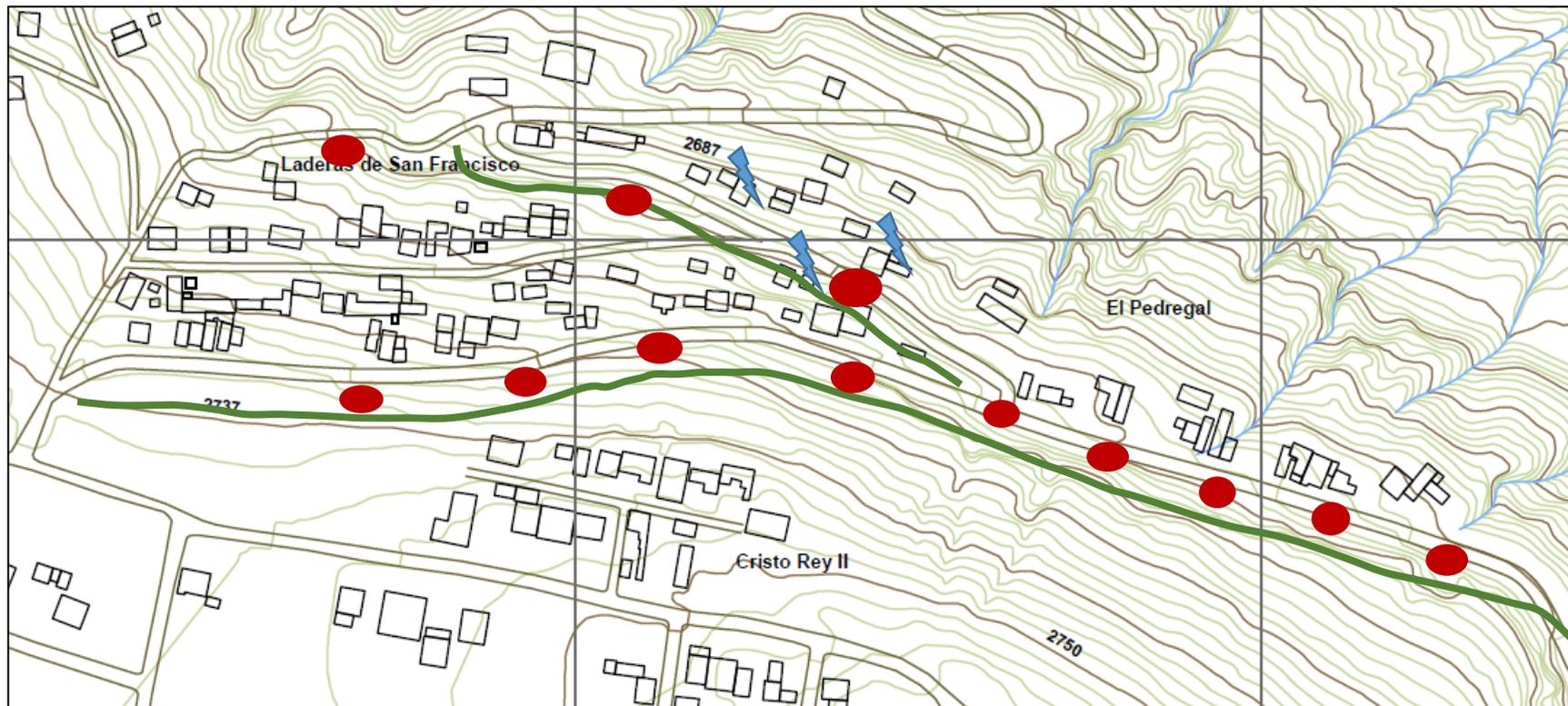


Foto Nº 11.3. Sector del Barrio Pedregal, se observan Cangahua y lapilli deleznales que pueden caer hacia el camino de acceso al barrio

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

El segundo escenario plantea que colapsen grandes tramos del talud de la vía en una temporada prolongada de lluvias (como la que se tiene en Marzo/2017) y la presencia de un sismo que actúe disparando FRM; es muy probable que se interrumpa el acceso a los barrios Laderas de San Francisco, Pedregal y Terrazas de Bellavista; el camino de entrada a Planada de San Francisco colapsa en varios tramos y no se puede restablecer la circulación de vehículos hasta despejar las vías, esto sucede 2-3 días luego del evento. Se espera que grandes tramos del carretero colapsen, cada tramo puede tener 5-10 m de colapso del talud, si sucede solo en 20-30 puntos del camino pueden generar entre 300-500 m lineales de taludes con afectaciones. Pueden producirse roturas de las líneas de conducción de agua potable, aguas servidas y caída de postes del tendido eléctrico, lo que agravaría aún más la emergencia.

ESCENARIO 2: EVENTO EXTRAORDINARIO ALTA TASA DE EROSIÓN (0.5 m/año)



- Simbología**
- Colapsos de materiales al carretero
 - ~ Zona de alta erosión retrocedente en los taludes del carretero
 - ⚡ Posible afectación a viviendas cerca de los taludes del carretero

Las casas cerca del talud pueden verse parcialmente afectadas, por ello es posible que sea necesario evacuar algunos habitantes de las zonas con mayores colapsos del terreno.

El volumen esperado de sedimentos resulta de multiplicar la tasa de erosión anual, por la longitud del tramo afectado (120) y se estima un espesor de sedimentos de 2.0 m; ya que es no es probable que colapse todo nivel de sedimentos sueltos.

$$\text{Vol. Sedimentos} = 0.5 \text{ m} \times 500.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} = 500 \text{ m}^3$$

Este volumen de sedimentos es mediano; pero ahora si se necesita el apoyo de la maquinaria del MDMQ para rehabilitar las vías, será necesaria la participación de la Dirección de Riesgos del MDMQ, EPEMSEGURIDAD, EPMAPS y la Empresa Eléctrica.

11.2.3 Escenario 3: Evento Grande, disparado por un sismo

Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes (método de equilibrio límite) se presentaron en el Capítulo IX, en base a los mismos se determina que los perfiles en la zona están en una situación de equilibrio límite (Tabla Nº 11.6) con valores menores a 1.5, es decir pueden desestabilizarse si existe algún elemento externo (como lluvias intensas). En cambio la zona es totalmente inestable en caso de tener un sismo, se hizo el cálculo simulando una aceleración de 0.24 g en la vertical.

BARRIO LADERAS DE SAN FRANCISCO		
PERFIL	FACTORES DE SEGURIDAD	
	SIN SISMO	CON SISMO
PERFIL 1	1.12	0.98
PERFIL 2	1.23	0.83
PERFIL 3 (2015)	1.38	0.86
PERFIL 4	1.23	0.80
PERFIL 5	1.47	0.91
PERFIL 6	1.48	0.91

Tabla Nº 11.6 Factores de seguridad de estabilidad de taludes Barrio Laderas de San Francisco

En la zona de estudio los perfiles 3 (Laderas de San Francisco) y 6 (San Vicente) tienen casas en la parte superior de los perfiles estratigráficos (Figuras Nº 11.8 y Nº 11.9). Se observa en el sector de Laderas de San Francisco que se puede generar un gran deslizamiento, y en el

movimiento de la masa de terreno potencialmente afectarían a las casas de la parte superior, algo similar puede ocurrir en Pedregal y en Terrazas de Bellavista ya que se tienen litologías similares y pendientes casi iguales en estos dos sectores. En el Perfil 6 de San Vicente no se afectarían a las casas de la parte superior, aunque estos límites son relativos y deben ser manejados con criterio para tomar las medidas de prevención en estas localidades.

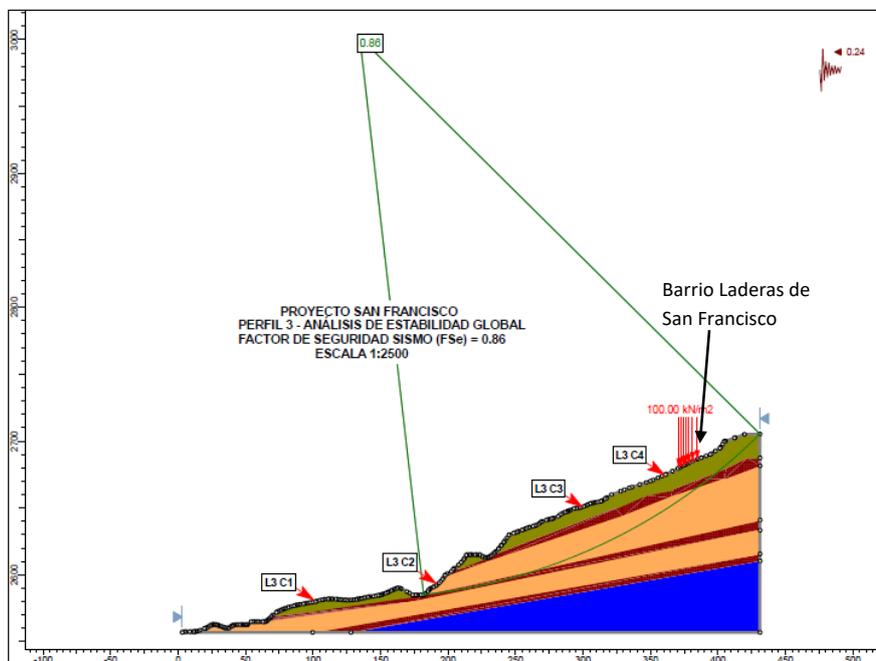


Figura N° 11.8. Perfil 3 en LSF, las casas de la parte superior podrían ser afectadas por los deslizamientos que se generarían en caso de un sismo con aceleraciones de 0.24 g en la vertical.

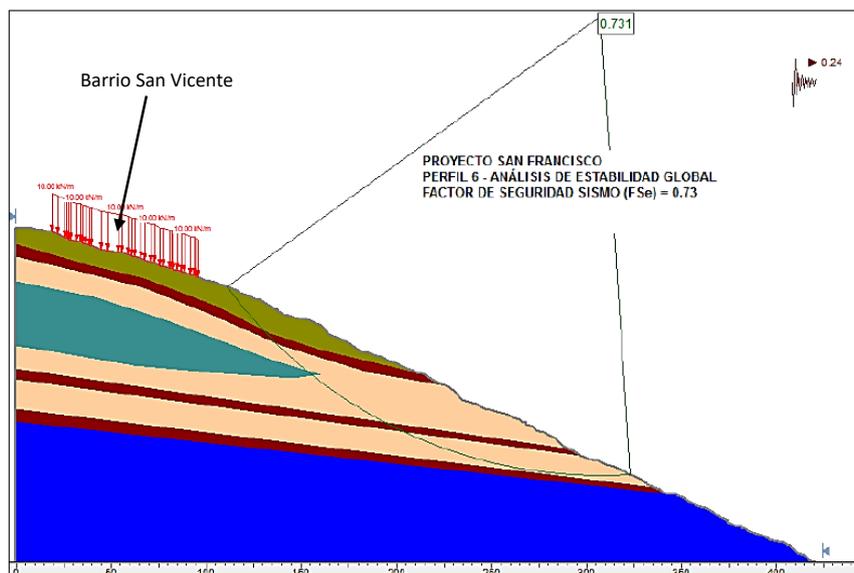


Figura N° 11.9. Perfil 6, cerca del Barrio San Vicente. El deslizamiento que se podría generar no afectaría al Barrio San Vicente, aunque estos límites no son absolutos.

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

Para fortalecer las capacidades locales se ha diseñado un Plan de Intervención para el manejo integral del Riesgo; el mismo se pone a puesto en marcha desde hace tiempo atrás con los planes y programas del MDMQ para la realización de estudios de amenazas y construcción de obras de mitigación.

El Plan de Gestión de Riesgo inicia con este mismo proyecto ya que se determinan en este trabajo la amenaza por Inestabilidad de Terrenos y se hace una evaluación de la Vulnerabilidad tanto física (viviendas y elementos esenciales) como social (económica, cultural, etc.).

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.

La estrategia para lograr estos objetivos tiene como puntos principales:

1) Promover en el MDMQ y las Comunidades de LSF la comprensión del riesgo de desastre existente en la zona.

- ✓ Estudios técnicos profundos sobre las amenazas por Inestabilidad de Terrenos en la zona, para definir las acciones necesarias a seguir en temas de inversión y transferencia de riesgo de manera participativa con la población.
- ✓ Difundir los resultados del trabajo en las comunidades y autoridades relacionadas directamente con su gestión.
- ✓ Campañas de sensibilización para el manejo adecuado de las líneas de conducción de aguas, aguas pluviales, contaminación, etc.

2) Fortalecer la presencia de la Administración Zonal Calderón

- ✓ Elaborar normas estrictas para la canalización de aguas servidas y aguas residuales en la zona, retiro de quebradas con especial enfoque en los sectores donde se presentaron con mayor fuerza problemas de socavación, desestabilización de taludes y botaderos de escombros.
- ✓ Diseñar e implementar un modelo participativo de gestión ambiental en la zona de Laderas de San Francisco.
- ✓ Desarrollar una normativa específica para la gestión integral de Laderas de San Francisco.

- ✓ Responsabilizar directamente a las Administración Zonal Calderón, EPEMSEGURIDAD, Dirección de Gestión de Riesgos, Dirección de Gobernabilidad sobre el seguimiento y evaluación de la condición de riesgo en LSF.

3) Aumentar las capacidades de resiliencia de las comunidades y autoridades

- ✓ Implementar el monitoreo de FRM en las zonas de Muy Alta Susceptibilidad por FRM.
- ✓ Elaborar e implementar medidas estructurales y no estructurales para reducir la amenaza y/o vulnerabilidad por FRM en Laderas de San Francisco.
- ✓ Desarrollar iniciativas conjuntamente con la población para implementar proyectos productivos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la misma.
- ✓ Incorporar la reducción de riesgo de desastres en los Planes de Ordenamiento Territorial y en los Planes Operativos Anuales de la Administración Zonal Calderón, EPEMSEGURIDAD, EPMAPS, etc.

4) Fortalecer la organización y preparación de la población para responder en una situación de emergencia

- ✓ Elaborar e implementar un Plan Integral de atención de emergencias y evacuación para la zona de Laderas de San Francisco con los dirigentes barriales, Administración Zonal Calderón, Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, EMSEGURIDAD.
- ✓ Realización de simulacros para evaluar y actualizar los Planes de Emergencia y Evacuación.
- ✓ Implementar un Sistema de Alerta Temprano por FRM basado en la participación comunitaria.
- ✓ Brindar Capacitación a la comunidad en temas de evacuación, reducción de riesgos, emergencias, alerta temprana.
- ✓ Promover la reubicación de las viviendas que se encuentren en zonas de muy alta susceptibilidad por FRM.
