

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7181

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR EL ARENAL

Departamento Lima
Provincia Cañete
Distrito San Vicente de Cañete



SETIEMBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR EL ARENAL

(Distrito de San Vicente de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima)

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET

Equipo de investigación:

Lucio Medina Allcca

Hugo Dulio Gómez Velásquez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021) - *Evaluación de peligro geológico por deslizamiento en el sector El Arenal. Distrito de San Vicente de Cañete, provincia Cañete, departamento Lima*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7181, 28 p.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 4 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1. Objetivos del estudio | 5 |
| 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores | 5 |
| 1.3. Aspectos generales | 6 |
| 1.3.1. Ubicación | 6 |
| 1.3.2. Accesibilidad..... | 7 |
| 1.3.3. Clima | 7 |
| 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS | 8 |
| 2.1. Unidades litoestratigráficas | 8 |
| 2.1.1. Formación Pisco (Nm-pi3)..... | 8 |
| 2.1.2. Formación Cañete (Qp-cañ/s4)..... | 8 |
| 2.1.3. Depósito coluvial (Q-cl)..... | 10 |
| 2.1.4. Depósito aluvial (Q-al) | 10 |
| 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS | 11 |
| 3.1. Pendientes del terreno | 11 |
| 3.2. Unidades geomorfológicas | 11 |
| 3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional..... | 11 |
| 3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional..... | 12 |
| 4. PELIGROS GEOLÓGICOS | 13 |
| 4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa | 14 |
| 4.1.1. Deslizamiento El Arenal..... | 14 |
| 4.1.2. Factores condicionantes..... | 17 |
| 4.1.3. Factores desencadenantes..... | 18 |
| 5. CONCLUSIONES | 20 |
| 6. RECOMENDACIONES | 21 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 22 |
| ANEXO 1: MAPAS | 23 |
| ANEXO 2: GLOSARIO | 28 |

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligro geológico por deslizamiento realizado en el sector El Arenal del centro poblado menor de Montejato; perteneciente al distrito de San Vicente de Cañete, provincia Cañete, departamento de Lima. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas donde ocurre el deslizamiento corresponde a las Formaciones Cañete y Pisco: La Formación Cañete, compuesto de conglomerados poco a medianamente consolidadas, con intercalaciones de capas delgadas de limoarcillitas y areniscas tobáceas; mientras que la Formación Pisco se constituye de conglomerados polimícticos mal clasificados, semiconsolidados; envueltos en una matriz arenolimososa con lentes de sedimentos arenosos de grano medio a grueso y algo de limo.

La subunidad geomorfológica identificada en el sector corresponde a una colina modelada en roca sedimentaria con laderas de pendiente del terreno variable entre el rango de 25° a 45°, definida como de muy fuerte a escarpada (pendiente promedio de 37°). La cima de la colina es usada como terrenos de cultivo, debido a la pendiente que varía entre 1° a 15°.

El peligro geológico identificado corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento; que para efecto de su fácil reconocimiento por los tomadores de decisiones se denominó "Deslizamiento El Arenal". El deslizamiento abarca un área de 7 029 m², considerado activo, y posee las siguientes características: deslizamiento rotacional, estilo de escarpa única de forma semicircular continua, longitud de escarpa de 110 m, desnivel entre la escarpa y el pie de 50 m; cuyo salto principal o desplazamiento vertical varía entre 6 a 7 m y horizontal estimado es de 15 m. La presencia de grietas en la cabecera y en el lado izquierdo del deslizamiento, podrían hacer que el área y volumen del deslizamiento se incrementen.

Se consideran como factores condicionantes para la ocurrencia del deslizamiento, los siguientes aspectos: substrato de mala calidad, muy meteorizado (alternancia de areniscas con capas delgadas de limoarcillita y arenisca tobácea); la pendiente de la ladera (37°); y el uso de suelos para actividades agrícolas (en la cima de la colina). El factor desencadenante se atribuye a filtraciones y saturación del material por el riego y probablemente sismos.

Por lo antes expuesto, el sector del Arenal, se considera como **Zona crítica** y de **Peligro Alto**; condicionado a seguir deslizándose si continúa el riego en los cultivos en la parte alta; probablemente por lluvias excepcionales intensas y/o prolongadas y sismos.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, con la finalidad de minimizar los daños y pérdidas que pueden ocasionar el deslizamiento.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Sub Gerencia de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Cañete, Oficio N° 566-2021-SGDC-MPC; en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación del evento de tipo deslizamiento activo ubicado en el sector El Arenal.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Hugo Dulio Gómez Velásquez y Lucio Medina Allcca, realizar la evaluación de peligros geológicos in situ, la cual se llevó a cabo el 16 y 17 de agosto del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres, levantamiento fotogramétrico con dron con el fin de observar mejor el alcance del evento), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Cañete y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastre, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucran el sector El Arenal, tenemos:

- A) En el boletín **Peligro geológico en la región Lima** de la Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, elaborado por Luque et al. (2020); en el sector El Arenal donde ocurrió el deslizamiento, se caracteriza por contar con terrenos de susceptibilidad alta y muy alta a la ocurrencia de movimientos en masa (Figura 1).
- B) La memoria descriptiva de la **revisión y actualización de los cuadrángulos de Chincha (27-k) y Pisco (28-k), Escala 1:50 000**, elaborado por Monge, R. & Montoya, C. (2003). En el mapa adjunto a la memoria descriptiva, se ha identificado afloramientos de secuencias sedimentarias de la Formación Pisco, sobre el cual ocurrió el deslizamiento.

C) Informe N° 016 2021-GRL-GRRNGMA-ORDC-JTL, elaborado por Tincopa (2021), mencionan que el citado deslizamiento, ocurrió el 15 de julio del presente año; indicando coordenadas de localización, entre otros aspectos, relevantes para la investigación.

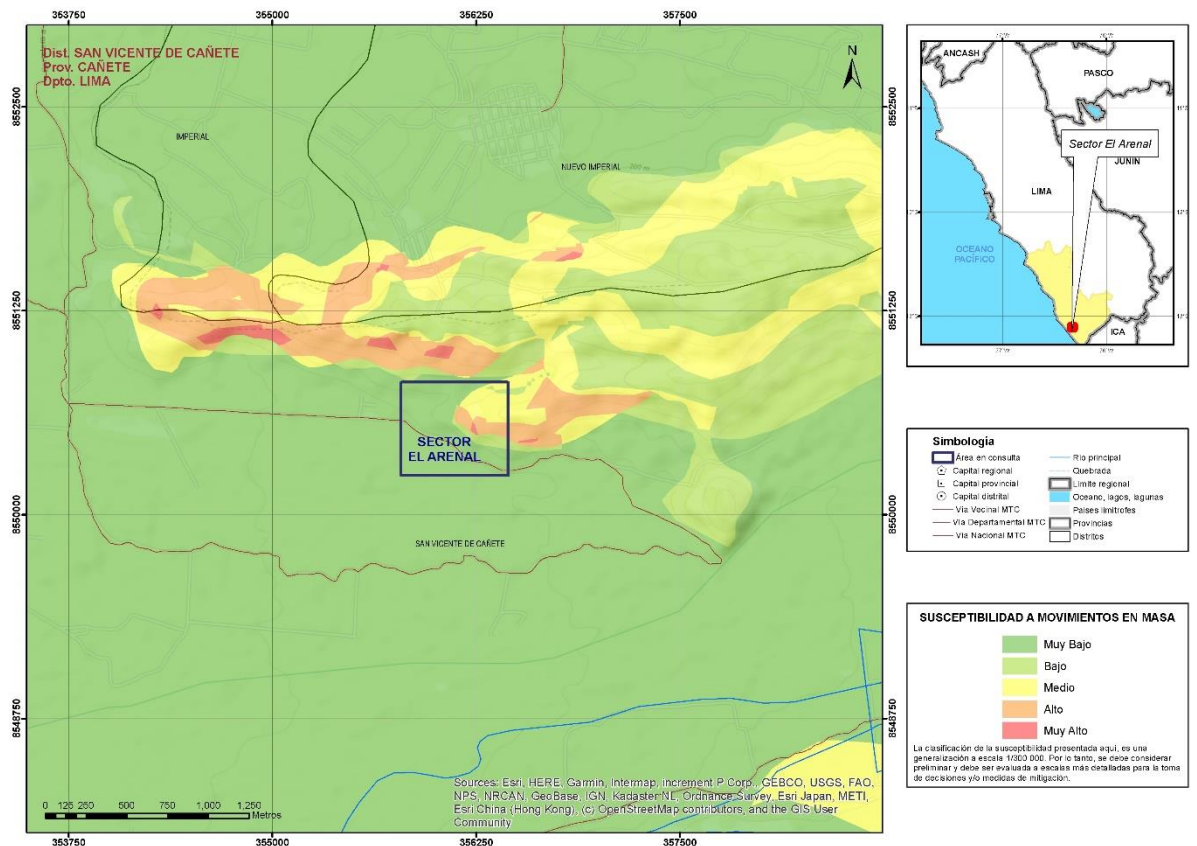


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa en el sector El Arenal
Fuente: Luque et al., 2020.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector evaluado, pertenece al centro poblado menor de Montejato, en el distrito de San Vicente de Cañete, provincia Cañete, departamento de Lima (figura 2). Las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18 s) se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Coordenadas del sector El Arenal

| N° | UTM - WGS84 - Zona 18L | | Geográficas | |
|--|------------------------|---------|-------------|-------------|
| | Este | Norte | Latitud | Longitud |
| 1 | 356300 | 8550600 | -13.107493° | -76.325606° |
| 2 | 356300 | 8550300 | -13.110205° | -76.325621° |
| 3 | 356000 | 8550300 | -13.110190° | -76.328388° |
| 4 | 356000 | 8550600 | -13.107478° | -76.328373° |
| COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL | | | | |
| C | 356100 | 8550500 | -13.108387° | -76.327456° |

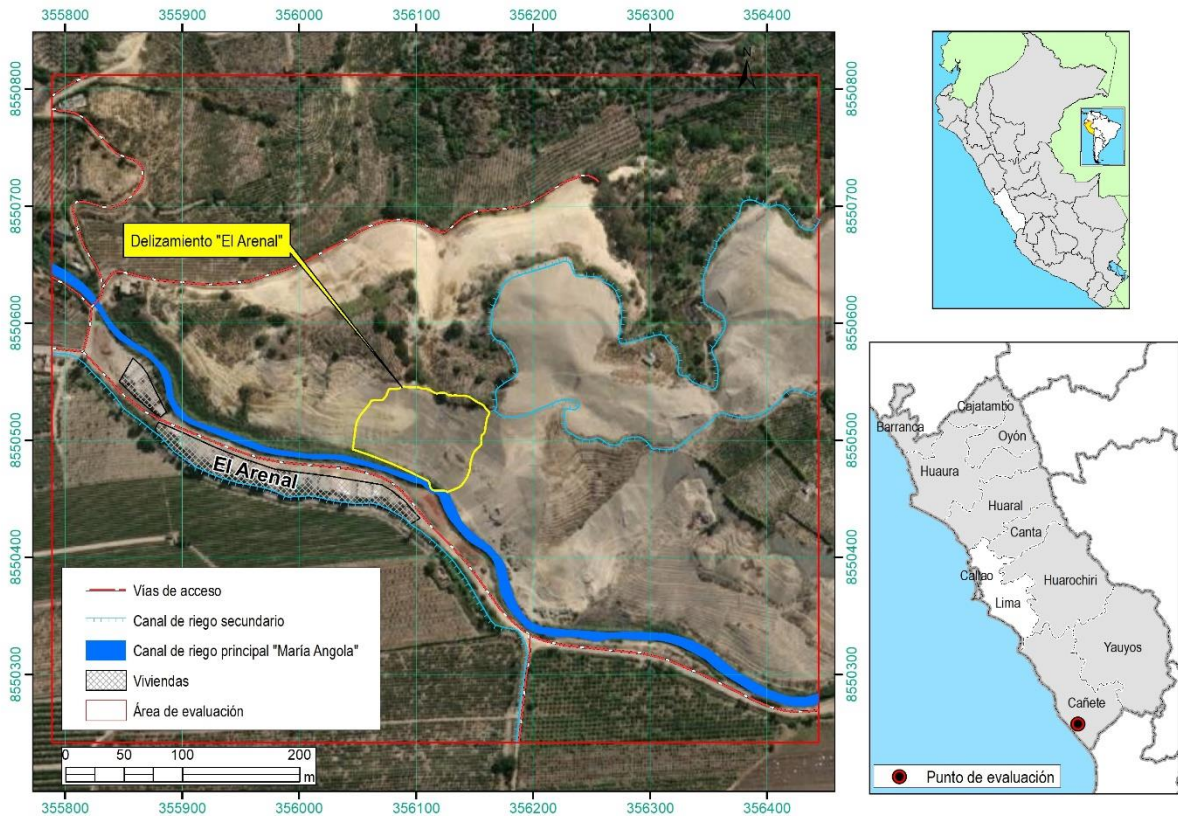


Figura 2. Ubicación del sector El Arenal.

1.3.2. Accesibilidad

Para acceder al sector El Arenal, se parte de ciudad de Lima, siguiendo las siguientes rutas mencionadas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos

| <i>Ruta</i> | <i>Tipo de vía</i> | <i>Distancia (km)</i> | <i>Tiempo estimado</i> |
|--|---------------------|-----------------------|------------------------|
| Lima – San Vicente de Cañete | Carretera asfaltada | 144 | 2 horas |
| San Vicente de Cañete – Sector El Arenal | Carretera afirmada | 12 | 30 minutos |

1.3.3. Clima

Según Indeci (2002) presenta un clima típico de valle costero: sub - tropical, caracterizado por pertenecer a un tipo climático muy seco y semi - cálido, por su escasa o nula precipitación pluvial, que es de 26.6 mm. Su temperatura promedio en verano es de 28 °C y en invierno oscila entre los 14° y 20 °C. La estación invernal es fría, con un alto porcentaje de humedad atmosférica, su promedio mensual varía de 81% en verano a 87% en invierno.

Asimismo, según el Mapa Climático Nacional elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), el área corresponde a un Clima Semi-Calido (Desértico-Árido-Sub Tropical) donde la temperatura media anual es de 18° a 19°C; además, las lluvias son muy escasas en la mayor parte del año, excepto en los años en que hay presencia del Fenómeno El Niño que ocasiona lluvias de moderada a fuerte intensidad.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción de los aspectos geológicos se basa en la carta geológica del cuadrángulo de Chincha, hoja 27k4, actualizado a escala 1/50 000 por Monge & Montoya (2003). La cartografía, se realizó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Según el mapa geológico (mapa 1), las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área evaluada, se conforman de secuencias de origen sedimentario de las formaciones Pisco, Cañete y de depósitos coluviales y aluviales.

2.1.1. Formación Pisco (Nm-pi3)

De acuerdo a Monge & Montoya (2003) la Formación Pisco, litológicamente está conformado de litofacies de estratos tabulares de tobas blanco grisáceas, areniscas tobáceas intercaladas con niveles de areniscas de grano grueso, color blanco, con ligeras variaciones constituidas mayormente de areniscas laminadas con estratificación fina y paralela en capas de 5 cm de grosor, de grano fino, color beige a marrón; en ciertas zonas se encuentran interestratificadas con niveles de yeso, hacia la parte superior hay delgados lechos conglomerados cuyos elementos están formados por arcillas y diatomitas. En el área de evaluación, se han observado areniscas amarillentas deleznable, capas delgadas de limoarcillitas y areniscas tobáceas (fotografías 1 y 2).

2.1.2. Formación Cañete (Qp-cañ/s4)

Unidad de origen continental conformado por conglomerados polimícticos semiconsolidados de clastos subredondeados en una matriz areno limosa y una alternancia de clastos con capas de arena de granulometría variada, según Salazar (1993). En el área de evaluación, el afloramiento identificado corresponde al miembro superior de la Formación Cañete, constituido por conglomerados polimícticos mal clasificados y semiconsolidados (fotografía 3), con una matriz arenolimosa y ciertos niveles de lentes de sedimentos arenosos de grano medio a grueso y algo de limo; además suprayace a la Formación Pisco (Figura 3).



Fotografía 1. Niveles de limoarcillitas en capa delgada



Fotografía 2. Areniscas amarillentas deleznales



Fotografía 3. conglomerados polimícticos semiconsolidados mal clasificado

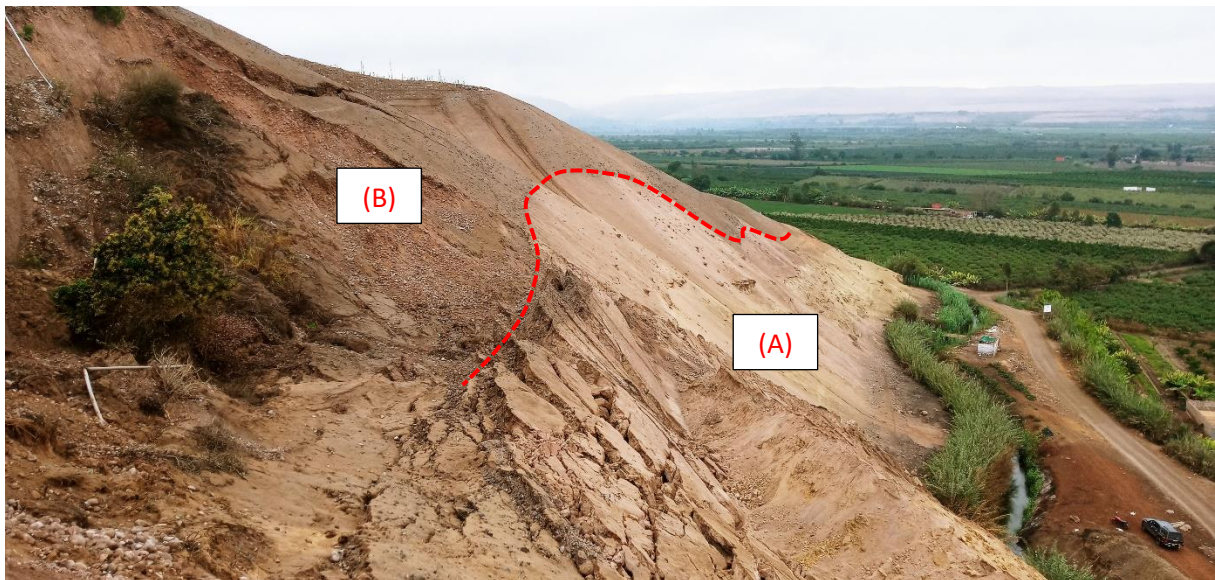


Figura 3. A) Formación Pisco conformado por arenisca amarillentas deleznales y B) miembro superior de la Formación Cañete compuesto por conglomerados semiconsolidados.

2.1.3. Depósito coluvial (Q-cl)

Corresponden principalmente a depósitos del deslizamiento reciente (fotografía 4) y depósitos de deslizamiento antiguo ubicado al sureste del Arenal; compuesto por materiales de las formaciones Pisco y Cañete.



Fotografía 4. Depósito coluvial conformado por materiales de deslizamiento reciente.
Fuente: Imagen tomada con drone Mavic 2 Pro.

2.1.4. Depósito aluvial (Q-al)

Corresponde a una mezcla heterogénea de gravas, arenas (fotografía 5), limos y arcillas; estos materiales tienen selección de regular a buena, presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Su permeabilidad es media a alta y se asocia principalmente a planicie aluvial.



Fotografía 5. Depósito aluvial conformado por arenas.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno, es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el mapa 2, se presenta dicho mapa de pendiente de los terrenos, elaborado en base a la información de modelo de elevación digital de 0.07 m de resolución (generado a partir de imágenes captadas con dron Mavic 2 Pro) en el que se clasifican 6 rangos: de 0°-1° considerados terrenos llanos; 1° a 5° terrenos inclinados con pendiente suave; 5° a 15° pendiente moderada; 15° a 25° pendiente fuerte; 25° a 45° pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno como muy escarpado.

El sector del Arenal donde ocurre el deslizamiento, presenta pendientes de terreno que varían entre 25° a 45°, considerado como muy fuerte a escarpado; siendo la pendiente promedio de 37°.

3.2. Unidades geomorfológicas

La caracterización de las subunidades geomorfológicas, se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve individualizando tres tipos generales y específicos del relieve en función de su altura relativa, diferenciándose colinas, piedemontes y planicies.

Además, para la delimitación se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales) dando énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes; sobre todo depósitos de movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas captadas por dron e imágenes satelitales de alta resolución.

En el mapa 3, se presentan las subunidades geomorfológicas modeladas y conformadas en el sector El Arenal.

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de colina

A nivel general, corresponde a relieves complejos con diferentes grados de disección; son de menor altura que una montaña (menor de 300 m desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16 % (citado por Villota, 2005); conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo. Esta unidad geomorfológica, generalmente se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas.

Se diferencian las siguientes subunidades:

Colina en roca sedimentaria (C-rs)

Corresponde a relieve modelado sobre rocas sedimentarias, conformada por las formaciones Pisco y Cañete (fotografía 6). La pendiente de sus laderas varía principalmente de 25° a 45°, con cimas ligeramente redondeadas de pendiente variable menor a 15°; además; existen sectores puntuales en la masa deslizada donde la pendiente es mayor 45° (están asociadas a las escarpas que se generaron durante la ocurrencia del deslizamiento).

Colina sedimentaria antropizada (C-sat)

También corresponde a relieve modelado en rocas sedimentarias, conformada por las formaciones Pisco y Canete; pero, la superficie se encuentra cubierto por tierras de cultivo y se observa canales secundarios para riego (fotografía 7).



Fotografía 6. Relieve de colina modelada en roca sedimentaria.
Fuente: Imagen tomada con dron Mavic 2 Pro.



Fotografía 7. Sobre relieve modelado en rocas sedimentarias se observa canal sin revestimiento y tuberías de pvc usados para riego de cultivos de manzanas. Se ubica en la cabecera del deslizamiento El Arenal.

3.2.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta la geoforma anteriormente descrita, aquí se tienen:

3.2.2.1. Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Esta subunidad fue formada por las acumulaciones de los depósitos de procesos de movimientos en masa prehistóricos y recientes, principalmente de tipo deslizamiento; se ubica en la ladera de la colina de la zona de evaluación. Su morfología es convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

3.2.2.2. Planicie aluvial antropizada (PL-aat)

Subunidad geomorfológica que se extiende desde el borde litoral hasta las geoformas de los piedemontes; poseen un relieve plano a plano ligeramente ondulado, cuya pendiente es menor a 1° en dirección al oeste; además, sobre su superficie presenta tierras de cultivo e infraestructura poblacional como vías de acceso y viviendas (fotografía 8). Probablemente fue formado por depósitos del río Cañete.



Fotografía 8. Planicie aluvial antropizada.
Fuente: Imagen tomada con drone Mavic 2 Pro.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos o amenaza geológica, de acuerdo a la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (2009) es “un proceso o fenómeno geológico que podría 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” Por lo tanto, dentro de los peligros geológicos, se considera a los procesos u ocurrencias de movimientos en masa.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Además, son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrosfera y la atmósfera. Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

El peligro geológico identificado en el área de evaluación, corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento; que para efecto de su fácil reconocimiento por los tomadores de decisiones se denominó "Deslizamiento El Arenal".

4.1.1. Deslizamiento El Arenal

El deslizamiento es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007). Varnes (1978) clasifica a los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material; estas son traslacional y rotacional. Para el caso del sector El Arenal, se trata de un deslizamiento rotacional.

El deslizamiento rotacional es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autoestabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

El deslizamiento abarca un área de 7 029 m² y se considera activo (figuras 4 y 5), posee las siguientes características: Estilo de escarpa única de forma semicircular continua (rotacional), longitud de escarpa de 110 m, desnivel entre la escarpa y el pie de 50 m; cuyo salto principal o desplazamiento vertical varía entre 6 a 7 m y horizontal estimado es de 15 m. La presencia de grietas en la cabecera y en el lado izquierdo del deslizamiento, podrían hacer que el área y volumen del deslizamiento se incrementen (fotografías 9, 10 y 11).

En la cima de la colina, a 18 m de la cabecera del deslizamiento se observa grietas hasta de 17 m de longitud, 1 m de profundidad y 0.15 de separación (fotografía 9); asimismo, en el lado izquierdo se observa grietas hasta de 50 m de longitud (fotografías 10 y 11). Al sureste del deslizamiento y a 75 m; también se observa grietas longitudinales de 45 m de longitud estimado (mapa 04).



Figura 4. Deslizamiento El Arenal.
Fuente: Imagen tomada con drone Mavic 2 Pro.



Fotografía 9. Grietas en la cima de la colina.



Fotografía 10. Grietas en el lado izquierdo del Deslizamiento El Arenal.



Fotografía 11. Se observa el ancho de las grietas ubicadas en el lado izquierdo del Deslizamiento El Arenal.

4.1.1.1. **Características visuales del evento**

A continuación, se detalla las características del evento (figura 5):

- Estado de actividad: activo
- Estilo de la escarpa: única
- Forma de la escarpa: semicircular continua
- Longitud de la escarpa: 110 m.
- Desnivel entre la escarpa y el pie: 50 m
- Superficie de rotura: rotacional
- Salto principal o desplazamiento vertical (DV): entre 6 a 7 m
- Desplazamiento horizontal (DH) estimado: 15 m
- Área de deslizamiento: 7029 m²

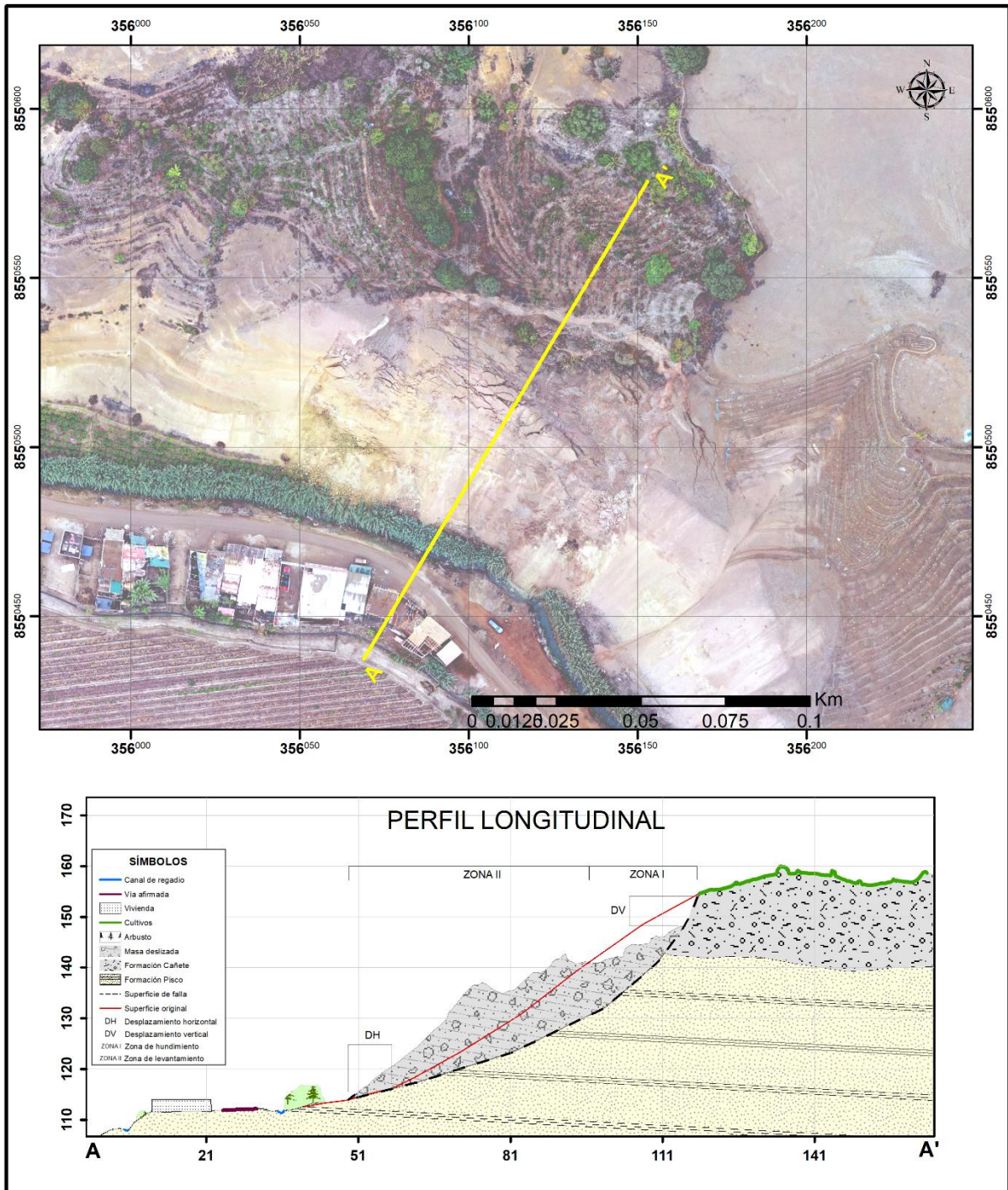


Figura 5. Perfil transversal del deslizamiento El Arenal.
Fuente: Imagen tomada con drone Mavic 2 Pro.

4.1.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

Substrato compuesto principalmente por alternancia de areniscas amarillentas deleznable y capas delgadas de limoarcillitas y areniscas tobáceas; muy meteorizado y con fracturas perpendiculares a la estratificación.

Presencia de conglomerados polimícticos semiconsolidados mal clasificados, envueltos en una matriz arenolimososa con ciertos niveles de lentes de sedimentos arenosos de grano medio a grueso y algo de limo.

Factor geomorfológico

Presencia de subunidad de colina modelada en rocas sedimentarias, cuyas laderas varían principalmente entre 25° a 45°, muy favorables a la ocurrencia de deslizamientos.

Factor antropogénico

Uso de suelos para fines agrícolas, localizados en la cima de colina.

4.1.3. Factores desencadenantes

Se evidencia que la causa principal para la ocurrencia del deslizamiento en el sector El Arenal, estaría representado por el tipo de sistema de riego inadecuado para cultivos de manzanas, realizado en la parte alta (fotografías 12 y 13), cuya agua proveniente del riego infiltró y saturó el macizo hasta desestabilizarlo.

La localización geográfica de la zona de estudio, en zonas costeras, cerca de la zona de subducción (cinturón de fuego del Pacífico), determinan la probabilidad alta de ocurrencia de sismos; los cuales acelerarían el desplazamiento de la masa del deslizamiento El Arenal, trayendo consigo daños en el canal principal de riego "María Angola" que cruza a pocos metros del pie deslizamiento (fotografía 14).



Fotografía 12. Sistema de riego inadecuado para cultivo de manzanas ubicado en la cabecera del deslizamiento.



Fotografía 13. Zanjas de infiltración para riego por inundación en tierras de cultivos ubicado en el lado izquierdo superior del deslizamiento



Fotografía 14. Canal de riego principal de la zona denominado "María Angola"

5. CONCLUSIONES

1. Las unidades litoestratigráficas donde ocurrió el deslizamiento El Arenal, corresponden a las formaciones Cañete y Pisco. La primera compuesta por areniscas deleznales con intercalaciones de capas delgadas de limoarcillitas y areniscas tobáceas; y la segunda por conglomerados polimícticos mal clasificados, semiconsolidados y englobados matriz arenolimososa con lentes de sedimentos arenosos de grano medio a grueso y algo de limo. Unidades litoestratigráficas de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.
2. La subunidad geomorfológica, modelada y conformada en el sector, corresponde a una colina en roca sedimentaria, con laderas de pendientes con rango entre 25° a 45°, tipo escarpada, condiciona la ocurrencia de eventos por gravedad como el Deslizamiento del Arenal. Localmente se ha determinado una pendiente promedio 37°, y sobre la cual, en su cima con rangos de 1° a 15° se han instalado terrenos e infraestructuras de riego no tecnificado.
3. El peligro geológico identificado, corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento, el cual abarca un área total de 7 029 m², considerado activo, y posee las siguientes características: la escarpa es única de forma semicircular continua, longitud de la escarpa 110 m, desnivel entre la escarpa y el pie 50 m, la superficie de rotura es rotacional, el salto principal o desplazamiento vertical varía entre 6 a 7 m y el desplazamiento horizontal estimado es de 15 m.
4. Los factores que condicionaron la ocurrencia del deslizamiento “El Arenal”, refieren la presencia de un substrato de mala calidad, muy meteorizado y compuesto por la alternancia de areniscas con capas delgadas de limoarcillita y arenisca tobácea de la formación Cañete; pendientes promedios de 37° de la ladera de la colina modelada en rocas sedimentarias.
5. Según evidencias, el factor desencadenante principal corresponde al tipo de riego por inundación, utilizado en los terrenos de cultivos en El Arenal y lugares aledaños
6. Se considera al Sector El Arenal, como zona crítica y de Peligro Alto; con probabilidad de que el deslizamiento podría aumentar en área y volumen si se continúa con el tipo de riego utilizado en la zona. Además de la ocurrencia de lluvias prolongadas o fuertes sismos que puedan suscitarse. Teniendo como un cálculo aproximado de daños probables de hasta 180 m de canal de riego “María Angola”, 180 m de vía de acceso carrozable y 10 familias, aproximadamente.

6. RECOMENDACIONES

1. Prohibir totalmente todo tipo de cultivos en la cabecera deslizamiento, lugares con agrietamientos y áreas aledañas (cima de la colina) para evitar la infiltración por riego.
2. A fin de proteger y salvaguardar la infraestructura de riego “canal María Angola”, localizado a pocos metros del pie del deslizamiento, se debe revestir y construir canal cubierto con asesoramiento especializado; o en todo caso modificar el trazo actual.
3. Para proteger las viviendas construidas a 20 m del pie del deslizamiento de un posible avance de la masa inestable, es necesario plantar árboles de troncos gruesos en la margen izquierda del canal de riego “María Angola”.
4. En caso de lluvias excepcionales o prolongadas como los que ocurren durante los fenómenos de El Niño o extraordinarias se debe reubicar la población asentada a pocos metros del pie deslizamiento.
5. Aplicar la técnica de interferometría de radar y geodésico para realizar el monitoreo del deslizamiento y áreas aledañas con la finalidad de medir la deformación del terreno.
6. Elaborar un plan de contingencia ante deslizamiento enfocado a proteger la vida de las familias que viven en zonas aledañas al deslizamiento.



LUCIO MEDINA ALLCCA
Ingeniero Geólogo
CIP N° 101456

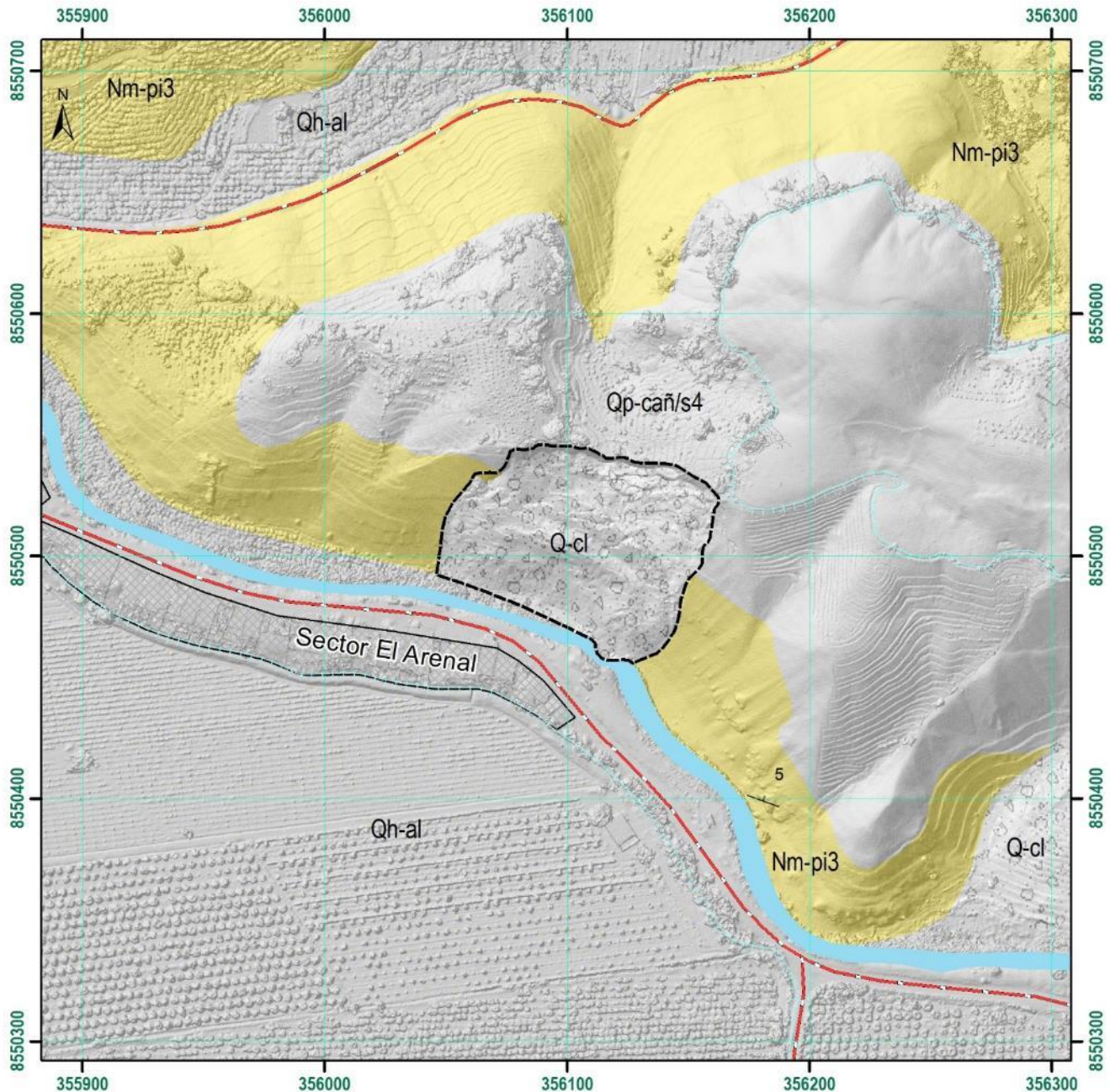


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

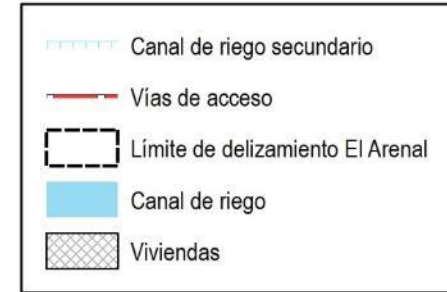
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Ginebra: Naciones Unidas, UNISDR, 38 p. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- INDECI (2002) - Mapa de peligros, plan de usos del suelo y propuesta de las medidas de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales de las ciudades de la Provincia de Cañete.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Lima. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2571>.
- Monge, R. & Montoya, C. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chincha (27-k) y Pisco (28-k), Escala 1:50 000*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2077>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Tincopa, J. (2021) Informe técnico por deslizamiento, en el sector Montejato, distrito de San Vicente de Cañete, provincial de Cañete. Gobierno Regional de Lima. Informe N° 016 2021-GRL-GRRNGMA-ORDC-JTL
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.

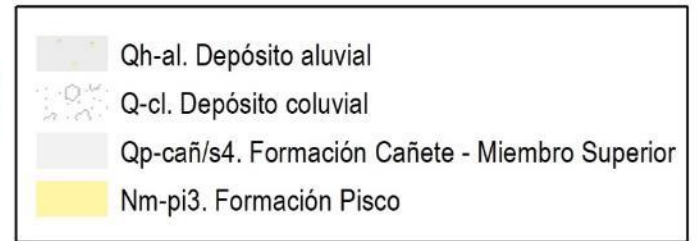
ANEXO 1: MAPAS




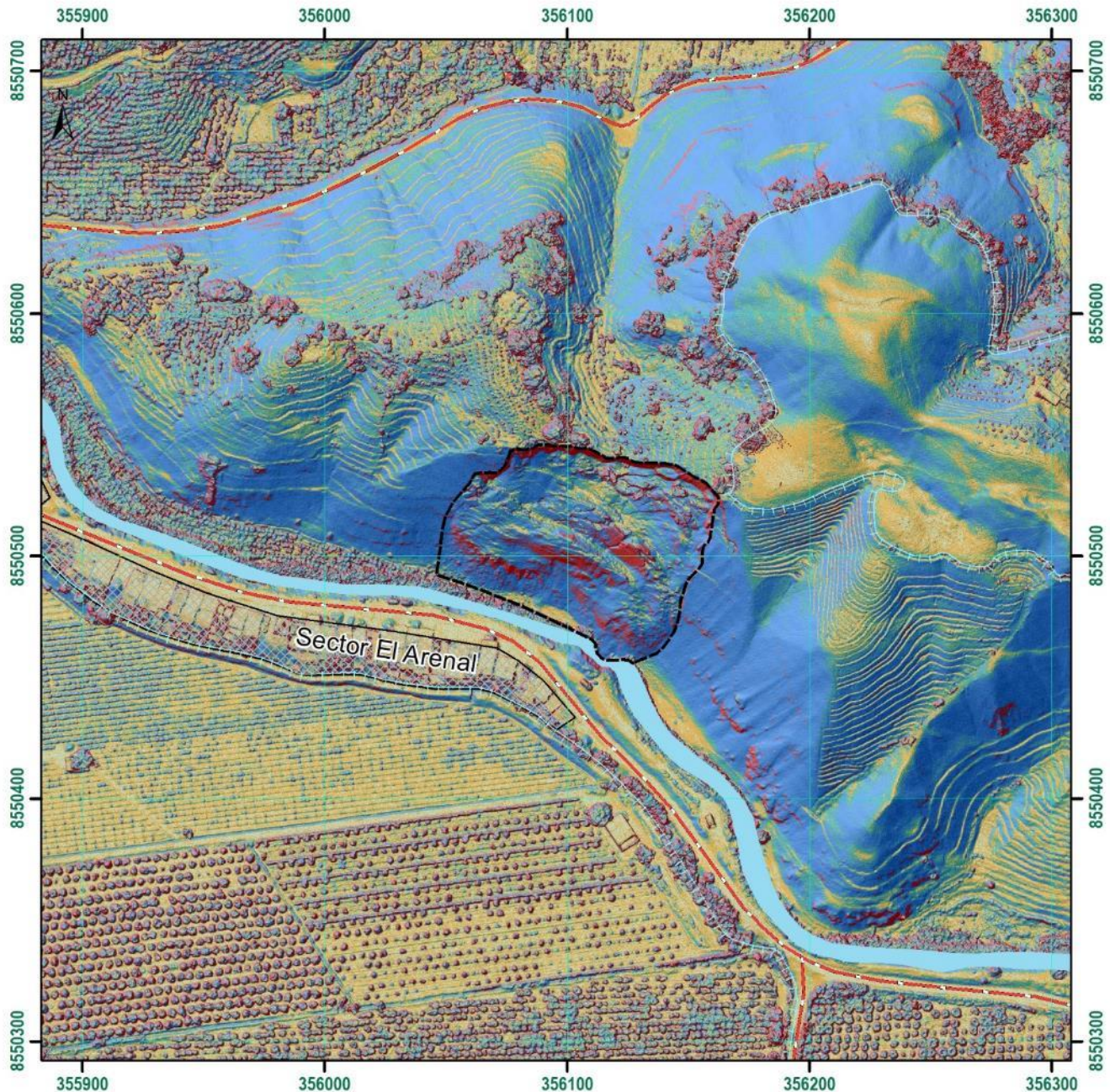
Simbología



Leyenda



| | | |
|---|--|------------------------------|
|  <p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional</p> | | |
| UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS SECTOR EL ARENAL | | |
| VERSIÓN DIGITAL Año 2021 | Escala: 1/2,500  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur | MAPA: 01 |



Simbología

| | |
|--|-----------------------------------|
| | Canal de riego secundario |
| | Vías de acceso |
| | Límite de deslizamiento El Arenal |
| | Canal de riego |
| | Viviendas |

Leyenda

| Rango de pendiente | Color | Superficie topográfica |
|--------------------|-------|---------------------------------------|
| 0° - 1° | | Terreno llano |
| 1° - 5° | | Terreno inclinado con pendiente suave |
| 5° - 15° | | Pendiente moderada |
| 15° - 25° | | Pendiente fuerte |
| 25° - 45° | | Pendiente muy fuerte a escarpado |
| > 45° | | Terreno muy escarpado |

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

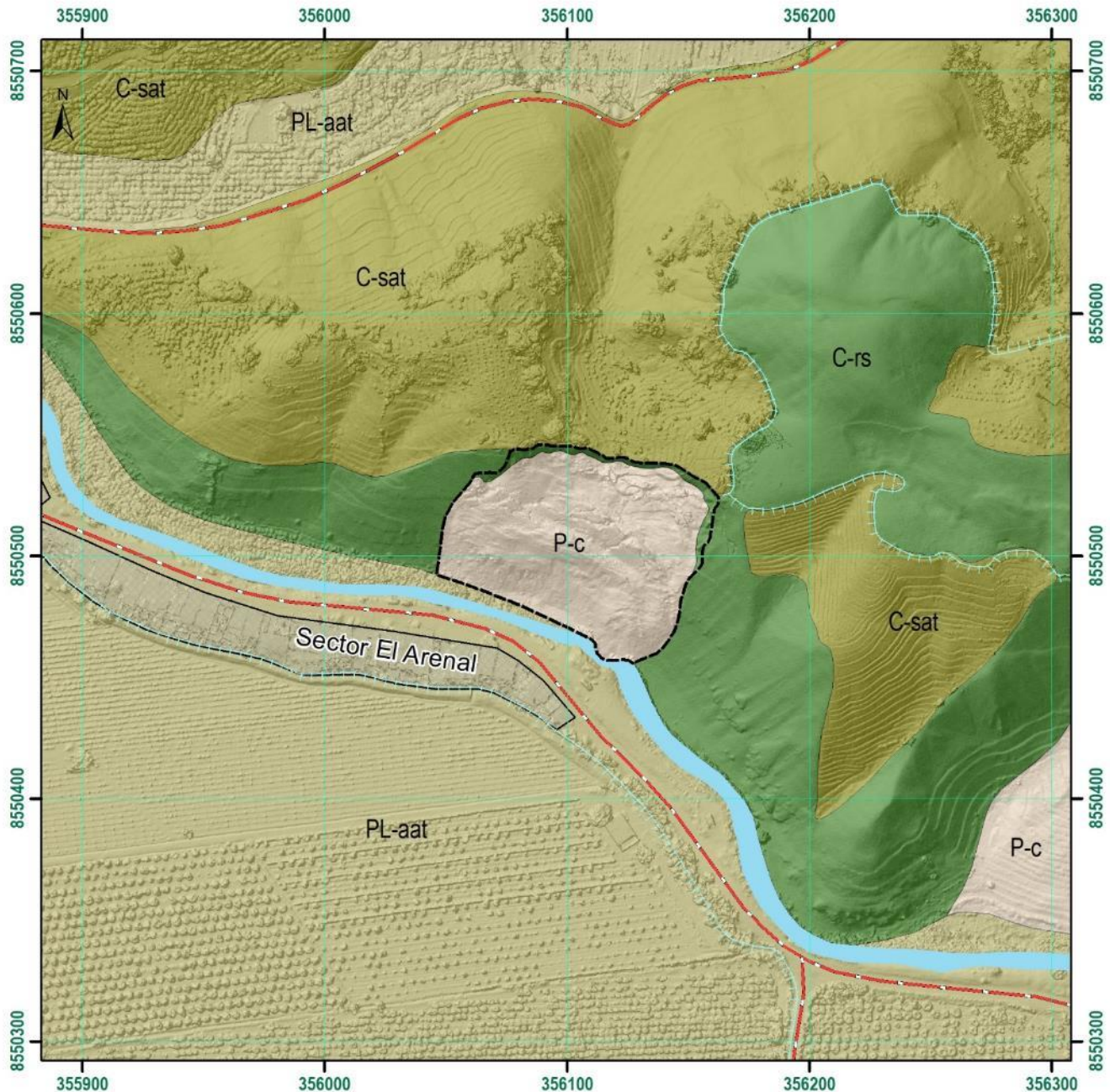
PENDIENTE DE LOS TERRENOS SECTOR EL ARENAL

VERSIÓN DIGITAL
 Año 2021

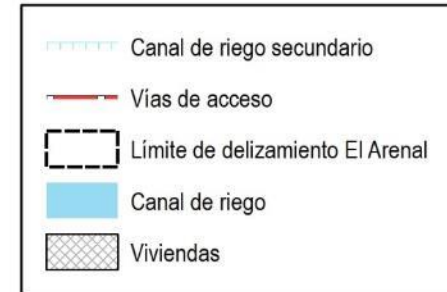
Escala: 1/2,500

 Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur

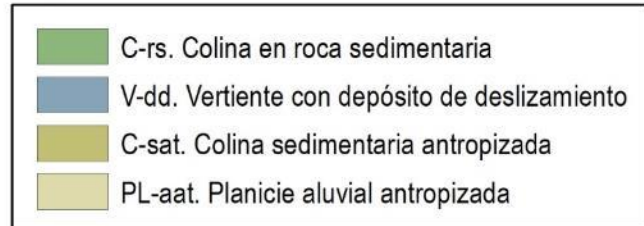
MAPA:
 02


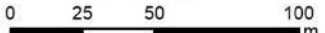


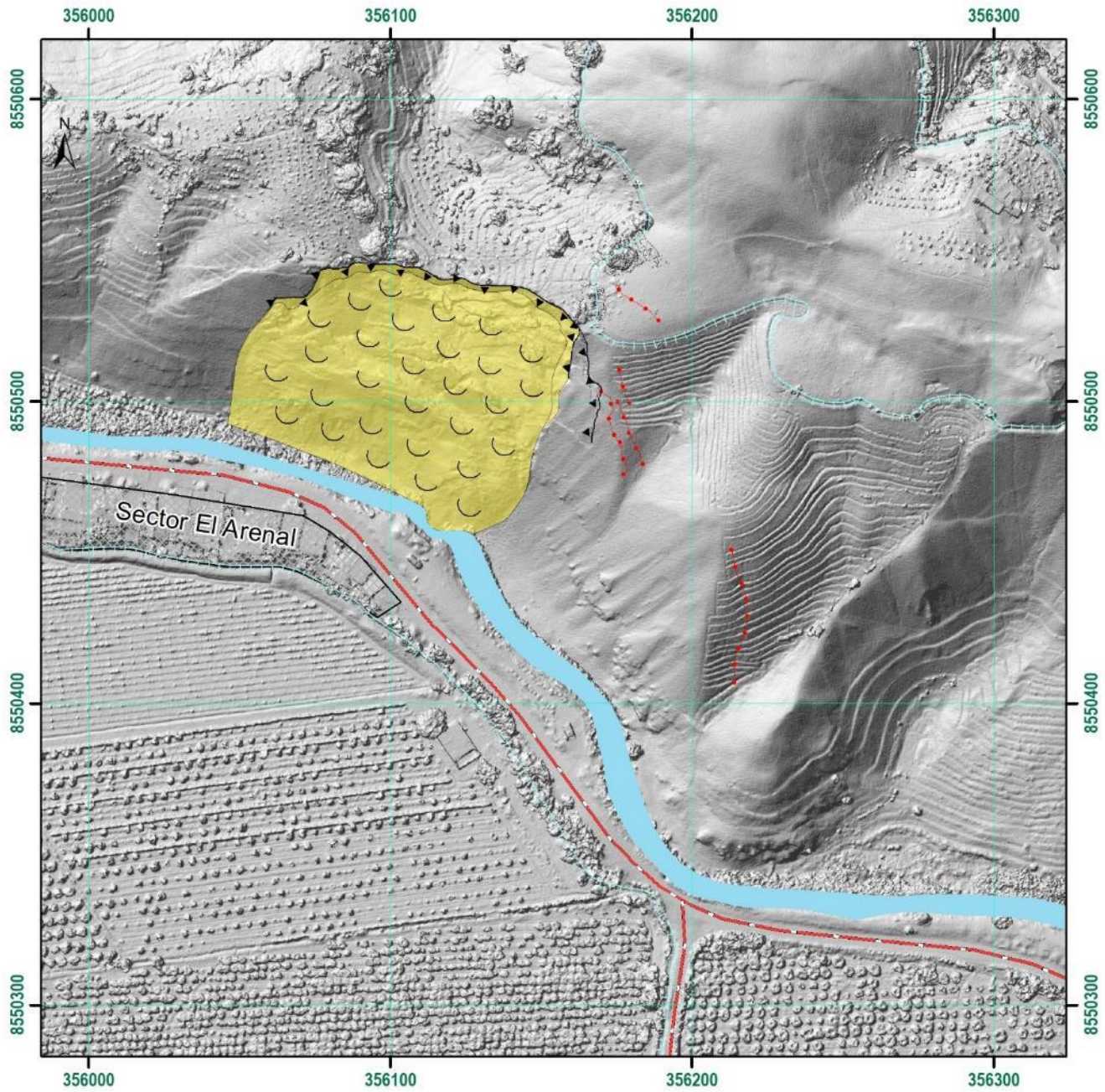
Simbología








Leyenda






| | | |
|---|--|---------------------------|
|  <p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional</p> | | |
| GEOMORFOLÓGICO SECTOR EL ARENAL | | |
| VERSIÓN DIGITAL Año 2021 | Escala: 1/2,500  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur | MAPA: 03 |




Simbología

-  Canal de riego secundario
-  Vías de acceso
-  Límite de deslizamiento El Arenal
-  Canal de riego
-  Viviendas

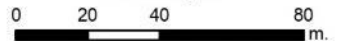
Leyenda

-  Grieta
-  Escarpa de deslizamiento
-  Deslizamiento rotacional activo



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT-11: Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

PELIGRO GEOLÓGICO
SECTOR EL ARENAL

| | | |
|-----------------------------|--|---------------------------|
| VERSIÓN DIGITAL Año 2021 | Escala: 1/2,000  Datum: WGS 84, Proyección: UTM Zona 18 Sur | MAPA: 04 |
|-----------------------------|--|---------------------------|

ANEXO 2: GLOSARIO

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino - Movimientos en Masa GEMMA, del PMA: GCA:

AGRIETAMIENTO (cracking) Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

CORONA (crown) Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

DESLIZAMIENTO (slide) Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden, 1991), son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades, por valor de decenas de billones de dólares cada año (Brabb y Harrod, 1989). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Los desplazamientos en masa se dividen en subtipos denominados deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación. Esta diferenciación es importante porque puede definir el sistema de análisis y el tipo de estabilización que se va a emplear (Suarez J., 2009).

ESCARPE (scarp) sin.: escarpa. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

MOVIMIENTO EN MASA (mass movement, landslide) sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).