

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7433

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR VILLA SAN LUIS

Departamento Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito Vitor



OCTUBRE
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR VILLA SAN LUIS

Distrito Vítor, provincia Arequipa, departamento Arequipa

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

Equipo de investigación:

Yeny Bety Ccorimanya Challco

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos en el sector Villa San Luis, distrito Vítor, provincia Arequipa, departamento Arequipa*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7433, 32 p.

RESUMEN	4
1. INTRODUCCION	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores.....	4
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	6
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima.....	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLOGICOS.....	11
3.1. Unidades Litoestratigráficas	11
3.1.1. Formación Sotillo (Pp-so).....	11
3.1.2. Formación Moquegua (Po-mo).....	12
3.1.3. Depósitos Coluviales (Qh-co).....	13
3.1.4. Depósitos Aluviales (Qh-al).....	13
3.1.5. Depósitos Antropógenos (Q-ant).....	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	14
4.1. Pendientes del terreno	14
4.2. Unidades Geomorfológicas	15
4.2.1. Unidad de colina y lomada	16
4.2.2. Unidad de terraza	17
4.2.3. Geoforma antropogénica.....	17
5. PELIGROS GEOLOGICOS	18
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa – Sector Villa San Luis.....	18
5.1.1. Caída de rocas.....	18
5.1.2. Derrumbes	19
5.1.3. Avalancha de detritos	21
5.2. Factores condicionantes.....	22
5.3. Factores desencadenantes	23
6. CONCLUSIONES	24
7. RECOMENDACIONES	24
8. BIBLIOGRAFIA.....	25
ANEXO 01: MAPAS	26
ANEXO 02: MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION.....	31

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el Sector Villa San Luis, perteneciente al distrito Vitor, provincia y departamento Arequipa. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno.

En el sector Villa San Luis afloran lutitas intercaladas con capas de yesos, altamente meteorizadas y medianamente fracturadas (Formación Sotillo); conglomerados polimícticos redondeados intercaladas con areniscas arcillosas (Formación Moquegua). Los depósitos de la Formación Moquegua están conformados por Bloques (35%), gravas (45%) en matriz areno limoso (20%), sus componentes son de formas redondeadas a subredondeadas. Por estar no consolidados son de fácil erosión.

Desde el punto de vista geomorfológico se observa lomadas y colinas en roca sedimentaria con pendientes mayores a 15° (pendientes fuertes a muy escarpados), Terrazas aluviales y piedemonte coluvial antropizado con pendientes de inclinación suave a moderado (1°-15°).

Los peligros geológicos identificados comprenden movimientos en masa, tipo caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos en las laderas de las colinas del sector Villa San Luis.

Las alturas desde donde caen las rocas van desde los 5 metros hasta los 23 metros. Los bloques que conforman estas caídas de rocas alcanzan dimensiones de hasta 3 metros. La zona de arranque de la caída de rocas para el sector tiene una longitud de 1300 metros, que continúa a lo largo de la cumbre de la colina.

La zona de arranque de los derrumbes para el sector tiene una longitud de 1300 metros, que continúa a lo largo de la cumbre y ladera media de la colina. Las areniscas arcillosas presentan espaciamientos de entre 1.5 m a 2.5 m con aperturas de hasta 17 cm. Los frentes rocosos conformados por lutitas intercaladas con capas de yesos tienen espaciamientos de hasta 1 metro y aperturas variables entre 0,5 cm a 40 cm, también contribuyen a los derrumbes. Los depósitos originados por los derrumbes están compuestos por bloques (65%) de hasta 6 metros, gravas (20%) en matriz arcillo-limosa (15%).

Las avalanchas de detritos están compuestas por fragmentos de rocas redondeadas a subredondeadas, de bloques (40%) con tamaños máximos de hasta 0.35 metros, gravas (40%) dentro de una matriz areno limoso (20%).

Las laderas de las colinas del sector Villa San Luis presentan movimientos en masa activos e inactivos latentes; los cuales pueden ser detonados por precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas, así como por los sismos.

Por las condiciones mencionadas, el sector se cataloga como de **Peligro Alto y Zona Crítica**.

Finalmente, se brinda recomendaciones importantes, que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica en las áreas evaluadas con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en este sector.

1. INTRODUCCION

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 del distrito de Vitor, provincia y departamento de Arequipa, mediante Oficio N° 65-2023-JAHCH-MDV; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos, de movimientos en masa, tipo Avalancha de detritos.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Bety Ccorimanya Chalco y Yhon Soncco Calsina, para que realicen la evaluación de peligros geológicos en el Sector Villa San Luis, la cual se llevó a cabo el 15 de junio 2023. Para los trabajos de campo se realizaron coordinaciones con representantes de la Unidad de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital Vitor.

La evaluación técnica se realizó en 03 etapas: etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; y para la etapa final de gabinete se realizó el procesamiento de toda información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe.

Este documento técnico se pone en consideración de la Municipalidad Distrital Teresa e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos que ocurren en el sector de Villa San Luis del distrito de Vitor.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros de movimientos en masa.
- c) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a la formulación de planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional, que involucra la zona de evaluación, tenemos:

- INGENMET. Boletín N° 24, Serie A, Hojas 33-s : Carta Geológica Nacional “Geología del cuadrangulo de Arequipa a escala 1:100 000” (Vargas, L., 1970). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde en gran parte a la Formacion Moquegua.
- INGENMET. Boletín N° 81, Serie C : “Peligro geológico en la región Arequipa a escala 1:500 000” (Luque, G.; Pari, W. & Dueñas, K., 2021). Uno de los productos de este trabajo es el mapa de Suscetpetibilidad a Mvimientos en Masa (SMM), donde el sector Villa San Luis, se encuentra en **Susceptibilidad Alta a Muy Alta**.

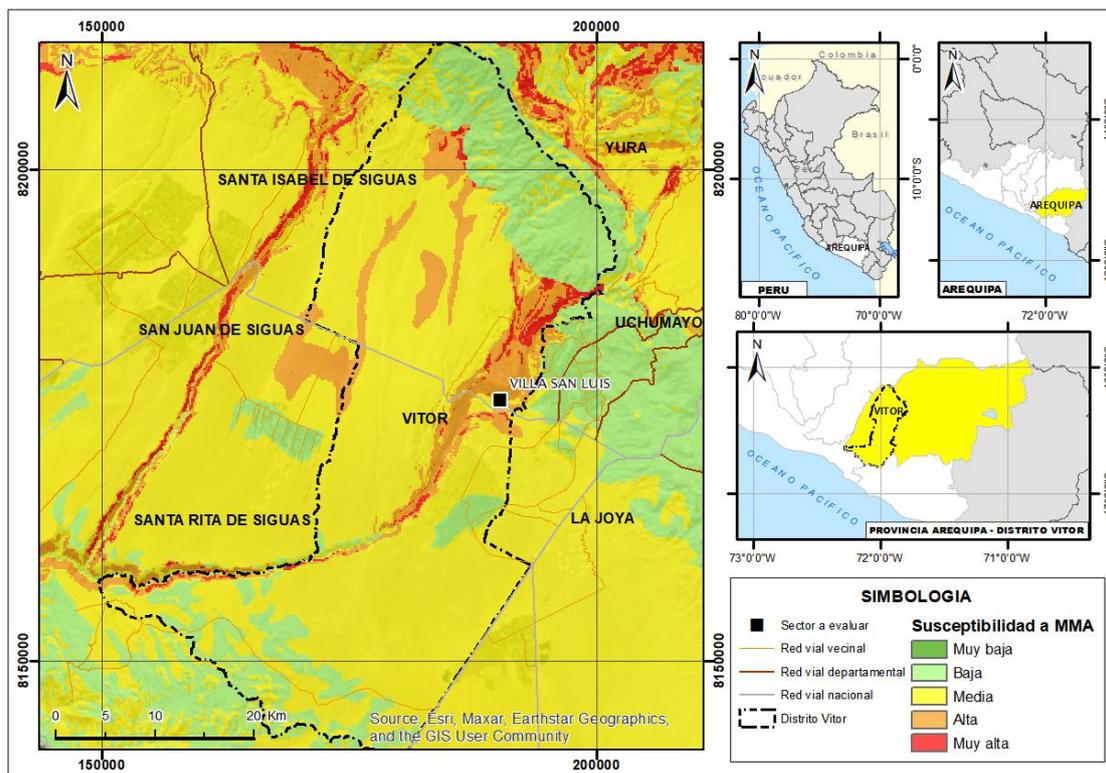


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Fuente: INGENMET - Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en el Perú escala 1/2,000,000 (Fidel, L., 2010).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Villa San Luis, se encuentran ubicados en el distrito de Vitor, provincia Arequipa, departamento de Arequipa (Figura 2), cuenta con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S):

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de los sectores evaluados.

Sectores	UTM – WGS84 – Zona 19S		Geográficas	
	X - Este	Y - Sur	Latitud	Longitud
Villa San Luis	190209.74 m E	8176473.15 m S	16°28'24.24"S	71°54'4.85" W

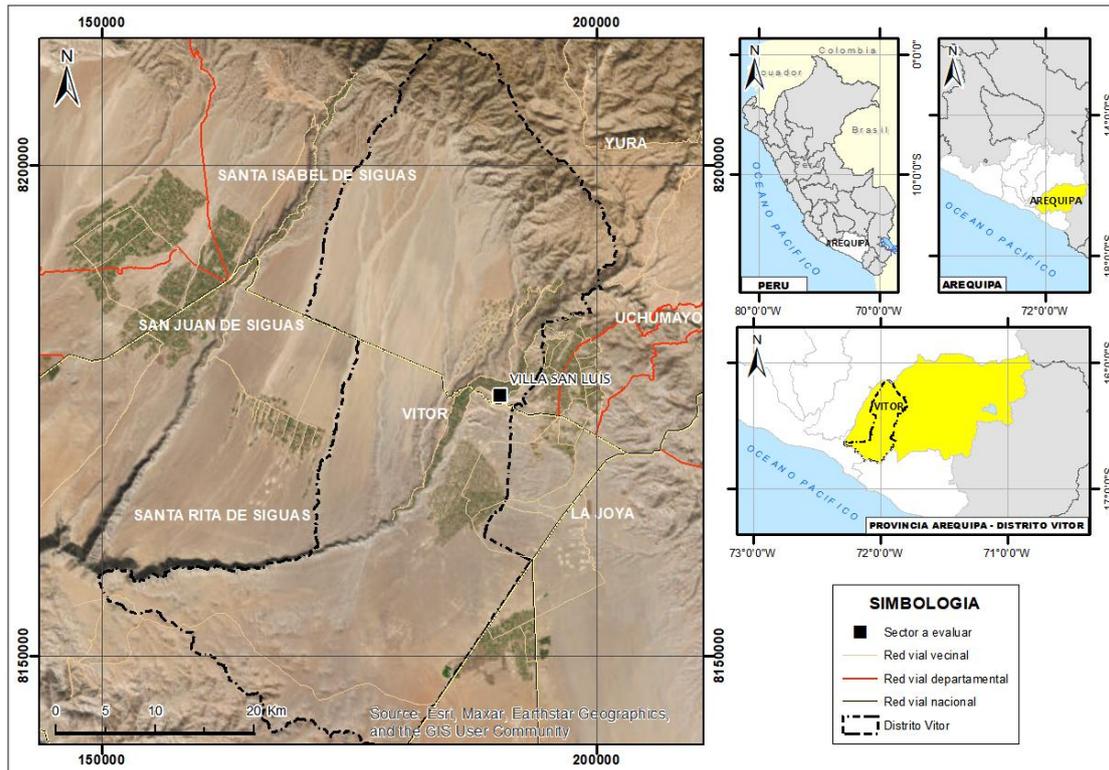


Figura 2. Ubicación del área de evaluación.

1.3.2. Población

De acuerdo con el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el distrito de Vitor cuenta con una población total de 3610 habitantes entre hombres (1854) y mujeres (1756) distribuidos en 4280 viviendas particulares. De estas, 3738 viviendas se encuentran ocupadas y 542 desocupadas.

Según el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el centro poblado Villa San Luis cuenta con una población total de 73 habitantes entre hombres (45) y mujeres (28) distribuidos en 50 viviendas particulares, todas ocupadas. (Figura 3).

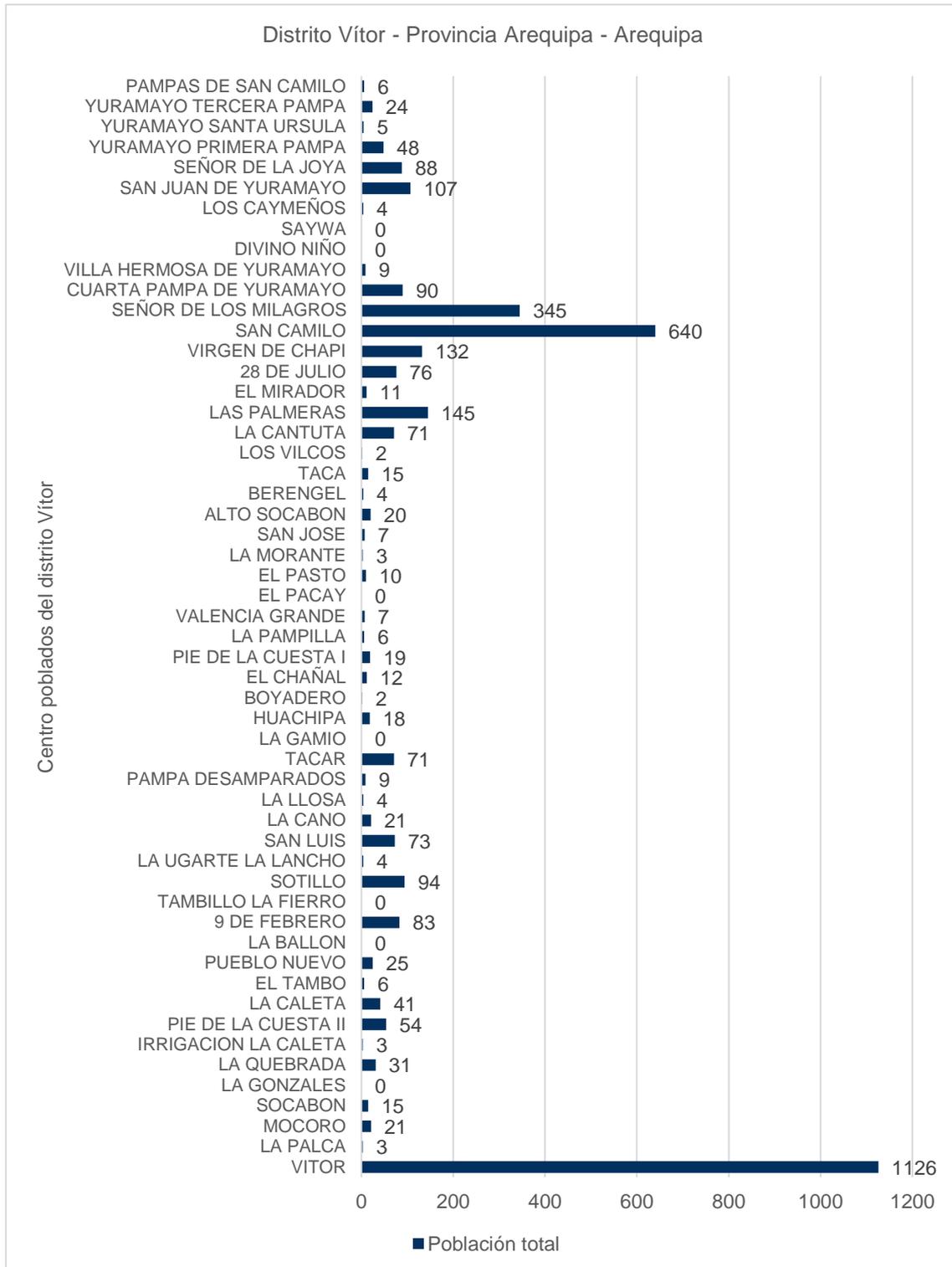


Figura 3. Población total de los centros poblados del distrito de Vítor, provincia Arequipa - Arequipa. Se puede apreciar que la Villa San Luis es el doceavo centro poblado con mayor población.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2017.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso al sector de Villa San Luis del distrito de Vítor se realizó desde el Observatorio Vulcanológico del Ingemmet OVI-Arequipa por vía terrestre, mediante la ruta mencionada en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Rutas de accesos a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Arequipa – Vitor (sector Villa San Luis)	Carretera asfaltada	61.3	1 h 20 min

1.3.4. Clima

El sector Villa San Luis del distrito de Vitor cuenta con un clima de tipo árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, templado – E(d)B', con temperaturas máximas entre 19 °C a 31 °C y mínimas entre 3 °C y 21 °C. (Figura 4).

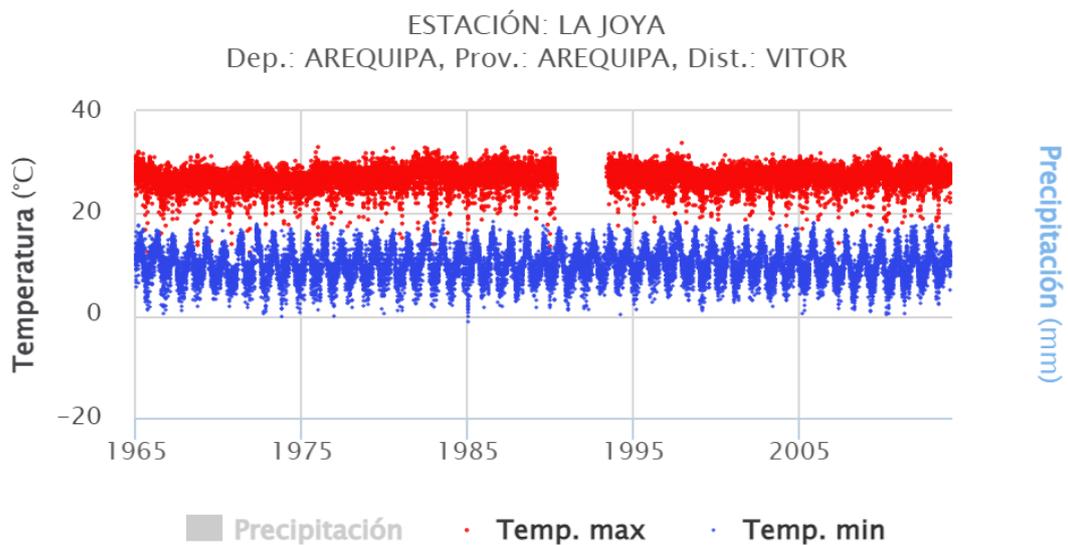


Figura 4. Histograma de temperaturas máximas y mínimas diarias – Estación La Joya, distribuidas a lo largo del periodo 1965 - 2015.

Fuente: Estación meteorológica convencional La Joya - SENAMHI.

Las precipitaciones totales mensuales en milímetros, distribuidas a lo largo del período 1965-2015, según datos pluviométricos de la estación meteorológica convencional La Joya (SENAMHI), tienen una precipitación máxima de hasta 18.5 mm en diciembre del año 1986 (Figura 5). Estos datos enfatizan que las lluvias más intensas ocurren entre diciembre y marzo. La Figura 5 permite examinar con qué frecuencia se producen anomalías en las lluvias que provocan la erosión del suelo.

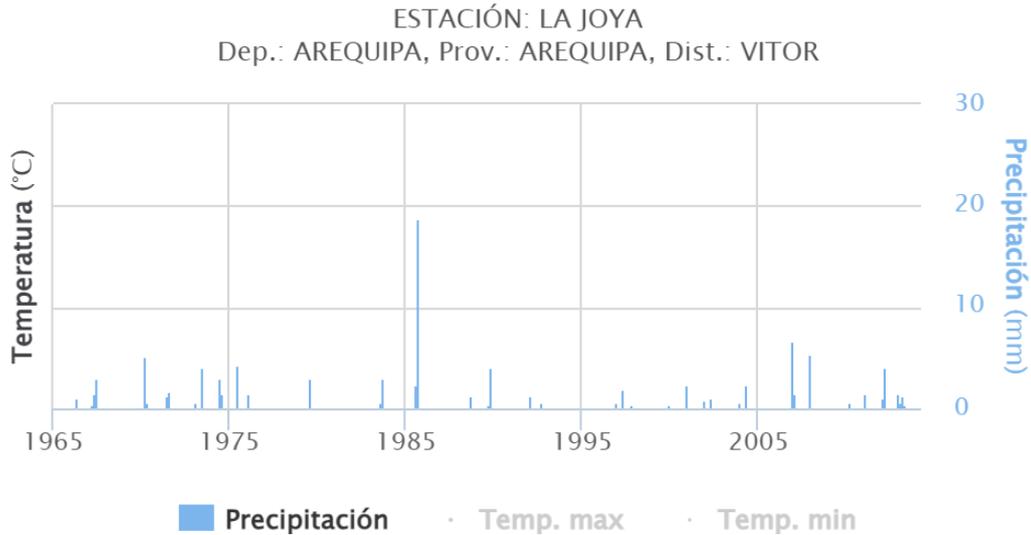


Figura 5. Histograma de precipitaciones totales mensuales en mm, estación La Joya: 1965 – 2015.
Fuente: Estación meteorológica convencional La Joya - SENAMHI.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, tomadores de decisiones y personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos; para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres.

Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento geomecánico (2) Tamaño de partículas minerales menores a 2 micras (0,002 mm).

Arena: Suelo para ingeniería con tamaño de granos entre 0,075 mm y 4,75 mm y por lo cual son visibles a simple vista. Estos suelos se caracterizan por no presentar plasticidad ni cohesión. Entre las propiedades importantes de estos suelos que influyen en su comportamiento geomecánico, están la distribución granulométrica, la densidad y la forma de los granos.

Avalancha de detritos: Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundo, muy rápido a extremadamente rápido. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma el carácter de tipo flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de

que estos movimientos presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso.

Caída: Desprendimiento. Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo.

Coluvial: Forma de terreno no material originado por la acción de la gravedad.

Condicionante: contribuyente, se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Derrumbe: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Detonante: Disparador, desencadenante, gatillante. Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera y la sobrecarga de una ladera.

Erosión: Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste en el arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glacial, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo con las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

Flujo: Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea deslizamiento o una caída. Estos pueden ser canalizados (flujos de detritos o huaicos) y no canalizados (avalanchas).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Formación geológica. Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Grava: Grano de un suelo cuyo tamaño o diámetro medio está entre 2,0 mm (o 4,76 mm) a 150 mm.

Inactivo: Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional.

Latente: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimientos en masa: Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. En el territorio peruano, los tipos más frecuentes corresponden a caídas, deslizamientos, flujos, reptación de suelos, entre otros.

Peligro o amenaza geológica: 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.

Relicto: Movimiento en masa que claramente ocurrió bajo condiciones geomórficas o climáticas diferentes a las actuales, posiblemente hace miles de años (Cruden y Varnes, 1996).

Suspendido: Movimiento en masa que se desplazó durante el último ciclo anual de las estaciones climáticas, pero que en el momento no presenta movimiento (Varnes, 1978).

Sustrato rocoso: Basamento rocoso. Término empleado para referirse en forma general, a la parte de la corteza terrestre que se encuentra por debajo de los depósitos cuaternarios.

3. ASPECTOS GEOLOGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Arequipa, Hojas 33-s, a escala 1:100,000 (Vargas Vilchez, Luis, 1970).

De igual manera, esta información se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden a ambientes continentales y depósitos cuaternarios coluviales, aluviales y antropógenos (Mapa 01 del Anexo 01).

3.1.1. Formación Sotillo (Pp-so)

Esta Formación geológica está compuesta por lutitas verde claras y marrón rojizas, arcillosas y en parte bentoníticas. Son rayables con la uña y suaves al tacto. Se intercalan con capas de greda rojiza, algo tufácea de grano muy fino y contienen

laminillas de diminutos granos de mica y cuarzo. Ambas alternan con capas de yeso cristalizado o fibroso. También hay pequeñas venas de este mineral que cortan a esta unidad.

El contenido de venillas de yeso en las rocas lo hace muy inestable al sector, pues el yeso al contacto con el agua, este se hidrata, lo que ocasiona un aumento de su volumen. Este aumento de volumen puede provocar tensiones en las rocas que contienen yeso, lo que puede provocar su inestabilidad. Las tensiones pueden causar que las rocas se agrieten y/o se desmoronen, lo que puede provocar derrumbes y otros peligros geológicos.

En el sector de Villa San Luis, las lutitas pardas claras y marrón rojizas intercaladas con capas de yesos se encuentran altamente meteorizadas con estructuras medianamente fracturadas, con espaciamientos de hasta 1 metro (Figura 6). Debido a esto, se ha generado derrumbes en las laderas de las colinas.



Figura 6. Sustrato rocoso de la Formación Sotillo.

3.1.2. Formación Moquegua (Po-mo)

Esta Formación está conformada por conglomerados arenosos, inconsolidados, cuyos elementos se encuentran en una matriz arenosa y areno-tufácea. Está constituida por rodados de granito, granodiorita, areniscas y lavas. Dentro del conglomerado existen lentes de lapilli, cenizas y tufos retrabajados que hacia la parte superior cada vez se hacen menos persistentes. En las partes altas se distinguen rodados erráticos redondeados y sub-redondeados de rocas mayormente volcánicas con el típico barniz del desierto (Vargas Vilchez, Luis, 1970).

En el sector Villa San Luis, la Formación Moquegua está compuesta por rocas poco consolidadas, principalmente conglomerados polimícticos redondeados a subredondeados con bloques (35%) de hasta 40 centímetros, gravas (45%) en matriz areno-limosa (20%), intercaladas con areniscas arcillosas en proceso de litificación (Figura 7). Estas rocas están altamente meteorizadas y tienen estructuras poco fracturadas. Estos afloramientos rocosos se encuentran en la cima de las colinas y lomadas que se encuentran hacia el oeste de la Villa San Luis.



Figura 7. Sustrato rocoso de la Formación Moquegua.

3.1.3. Depósitos Coluviales (Qh-co)

Estos depósitos en el sector Villa San Luis se encuentran en las laderas de las lomadas y colinas. Están compuestos por fragmentos de rocas polimícticas redondeadas a subredondeadas conformado por bloques con tamaños máximos de hasta 0.35 m y gravas dentro de una matriz areno limoso con cierto contenido de cenizas (Figura 8). Los elementos de estos depósitos no tienen ninguna selección, tratándose más bien de una mezcla heterogénea de rocas de formas (redondeadas a subredondeadas), los cuales van desde bloques (40%), gravas (40%), dentro de una matriz areno limoso (20%). Estos depósitos son producto de caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos.



Figura 8. Depósitos coluviales. Vista hacia el suroeste de la Villa San Luis.

3.1.4. Depósitos Aluviales (Qh-al)

Los depósitos aluviales están compuestos por cantos y gravas polimícticas redondeados a subredondeados en matriz areno limoso. Estos depósitos son las terrazas donde se desarrollan las actividades agrícolas de la Villa San Luis (Figura 9).



Figura 9. Depósitos Aluviales en la que se desarrollan actividades agrícolas.

3.1.5. Depósitos Antropógenos (Q-ant)

Están constituidos por depósitos generados por el hombre sin intervención de procesos de transformación industrial: ruinas desechos, coprolitos; construcciones civiles (terraplenes, diques de presas, enrocados, espigones, etc.).

En el sector Villa San Luis estos depósitos corresponden a terraplenes (Figura 10) generados con fines de habilitación de espacios para vivienda y otros como canteras de material de agregados.



Figura 10. Depósitos Antropógenos. Vista hacia el sureste de la Villa San Luis.

4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente es un factor importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, ya que determina la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002). Esto se debe a que la pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particulares de los movimientos en masa. Además, la pendiente es un factor condicionante en la evaluación de procesos de movimientos en masa.

Sector Villa San Luis: En este lugar, las laderas de las colinas y lomadas tienen pendientes mayores a 15° (pendientes fuertes a muy escarpados), lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto disponible en sus laderas (Figura 11). Por otro lado, el área urbana presenta pendientes de inclinación suave a moderado (1°-15°).



Figura 11. Pendientes del terreno del sector Villa San Luis.

En el Mapas 02 del Anexo 01, se presentan las pendientes del terreno. Estos mapas fueron elaborados en base a información de un modelo de elevación digital (DEM) de 5.0 m de resolución generado a partir de descarga de archivos terrain (teselas de terreno de 14 niveles de resolución espacial) proporcionados desde la plataforma Land Viewer. Además, estos mapas se apoyan en la fotogrametría con Drone, donde se obtuvieron modelos digitales de elevación (DEM) de 3 cm de resolución para el sector de Villa San Luis.

Tabla 2. Rango de pendientes del terreno.

Rango	Pendiente
<1°	Llano
1° - 5°	Inclinación suave
5° - 15°	Moderado
15° - 25°	Fuerte
25° - 45°	Muy fuerte
>45°	Muy escarpado

4.2. Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización y determinación de unidades geomorfológicas (Mapa 03 del Anexo 01), se consideraron criterios de relieve como el resultado de la interacción de fuerzas, agentes y procesos endógenos (sismicidad y volcanismo) y exógenos (movimientos en masa), factores que controlan el modelado del relieve, factores tectónicos, bioclimáticos (desglaciación, fenómeno El Niño) y volcánicos. (Luque, G.; Pari, W. & Dueñas, K., 2021).

4.2.1. Unidad de colina y lomada

4.2.1.1. Colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs)

Las colinas y lomadas en el valle de Vitor presentan cumbres subredondeadas producto de la erosión. Son geoformas asociadas a rocas sedimentarias como conglomerados, areniscas y lutitas. Estos relieves en el sector Villa San Luis, las cimas son suaves, las laderas tienen pendiente fuerte a muy fuerte ($15^\circ - 25^\circ$ y $25^\circ - 45^\circ$) y de desniveles de hasta 140 m (Figura 12). Además, exhiben surcos de erosión.

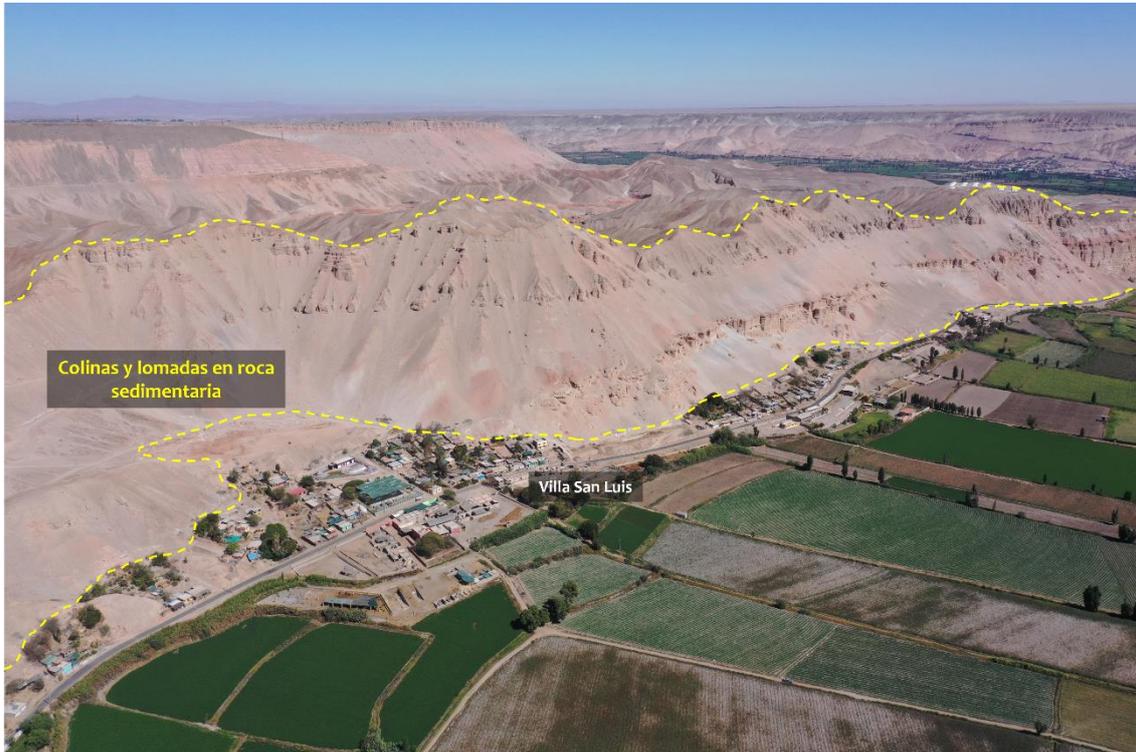


Figura 12. Se observan colinas y lomadas en roca sedimentaria. Vista hacia el oeste.

4.2.1.2. Colina y lomada disectada en roca sedimentaria (RCLD-rs)

Las colinas y lomadas al oeste de la Villa San Luis son relieves notablemente disectados por la erosión (Figura 13) y ligeramente cubiertos por depósitos eólicos de arena fina a media y cenizas en los fondos de surcos (provenientes de la erupción del volcán Huanaputina 1600).

Las laderas son de pendiente moderadas a muy fuertes ($5^\circ - 45^\circ$) con cumbres subredondeadas. Además, exhiben surcos de erosión y un sistema dendrítico de drenaje.



Figura 13. Colinas y lomadas disectadas en roca sedimentaria. Vista hacia el noroeste.

4.2.2. Unidad de terraza

4.2.2.1. Terraza aluvial (T-al)

Las terrazas fluviales son geoformas planas que se encuentran dispuestas a los costados del lecho principal del río Vitor (Figura 14). Han sido disectadas por las corrientes fluviales como consecuencia de la profundización del valle. Están sujetas normalmente a erosión fluvial. En el sector Villa San Luis, sobre estos terrenos, se desarrollan extensas zonas de cultivos y redes viales.

4.2.3. Geoforma antropogénica

4.2.3.1. Piedemonte coluvial antropizado (P-cat)

En el sector Villa San Luis, el piedemonte coluvial antropizado se observa hacia el sureste como una zona de generación y acumulación de rellenos artificiales de diferente tipo (Figura 14). Estos rellenos generan cambios en el relieve, como labores de explanación y nivelación. Estos cambios son resultado de las actividades humanas, como la extracción de canteras de agregados.



Figura 14. Terrazas aluviales en el Valle de Vitor y Piedemonte coluvial antropizado al sureste de la Villa San Luis.

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa – Sector Villa San Luis

La descripción de los eventos geodinámicos en el sector de Villa San Luis del distrito Vitor se realizó con base en la información de campo mediante el cartografiado geológico y geodinámico, observación y descripción morfométrica in situ. También se tomaron datos GPS, fotografías a nivel de terreno y levantamiento fotogramétrico con dron, a partir del cual se obtuvo un modelo digital de elevación del terreno (DEM) y un ortomosaico con una resolución de 3cm y 5cm respectivamente. Además, se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

El sector se caracteriza por presentar colinas y lomadas en roca sedimentaria de estructuras altamente meteorizadas y medianamente fracturadas a poco fracturadas. Estas características generan peligros como caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos. Esta geodinámica activa afecta las laderas circundantes al sector Villa San Luis. (Mapa 04 del Anexo 01).

5.1.1. Caída de rocas

Las caídas de rocas son frecuentes en las laderas de las colinas de Villa San Luis. Esto se debe a que el material de las laderas está conformado por rocas poco consolidadas, principalmente conglomerados polimícticos redondeados a subredondeados con bloques de hasta 40 centímetros y gravas en matriz areno-limosa, intercaladas con areniscas arcillosas en proceso de litificación, altamente meteorizadas y poco fracturadas (Figura 15). Ambas rocas permiten el lavado de la matriz y la incisión del agua por las fracturas, lo que origina con el tiempo que los fragmentos de roca queden sueltos y se desplacen cuesta abajo.

Además, las pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$) de los frentes rocosos de este lugar hacen que sea muy susceptible a los movimientos en masa de este tipo (Figura 16).

Las alturas desde donde caen las rocas van desde los 5 metros hasta los 23 metros. Los bloques que conforman estas caídas de rocas alcanzan dimensiones de hasta 3 metros. La zona de arranque de la caída de rocas para el sector tiene una longitud de 1300 metros, que continúa a lo largo de la cumbre de la colina.

Las caídas de rocas son activas y se les califica como **peligro alto** y constituyen una amenaza permanente en este sector.



Figura 15. Se indica la zona de arranque de caída de rocas.



Figura 16. Se muestra lo zona de arranque de la caída de rocas.

5.1.2. Derrumbes

Las pendientes muy fuertes a muy escarpadas ($>25^\circ$) de los frentes rocosos de las colinas en el sector Villa San Luis, junto con las estructuras poco fracturadas de conglomerados con bloques (35%), gravas (45%) en matriz areno-limosa (20%), intercaladas con areniscas arcillosas en proceso de litificación, son factores que contribuyen a los derrumbes en las laderas de dichas colinas. Las areniscas arcillosas presentan espaciamientos de entre 1.5 m a 2.5 m con aperturas de hasta 17 cm. (Figura 17).

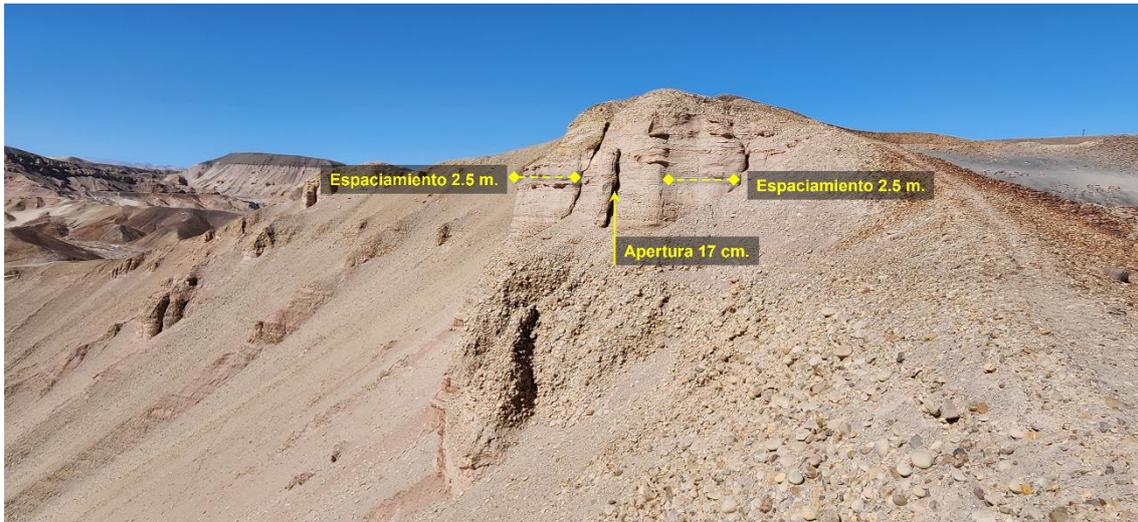


Figura 17. La zona de arranque de los derrumbes se observa en la cumbre de colinas de la Villa San Luis.

Los frentes rocosos conformados por lutitas intercaladas con capas de yesos y venas de este mineral que cortan a esta unidad, por lo que se encuentran medianamente fracturadas, con espaciamentos de hasta 1 metro y aperturas variables entre 0,5 cm a 40 cm, también contribuyen a los derrumbes. (Figura 18).

Las venillas de yeso en las rocas hacen que el sector sea muy inestable, ya que el yeso se hidrata al contacto con el agua, lo que ocasiona un aumento de su volumen. Este aumento de volumen puede causar que las rocas se agrieten y/o se desmoronen, lo que puede provocar derrumbes. (Figura 18).



Figura 18. La zona de arranque de los derrumbes se observa en la cumbre de colinas de la Villa San Luis.

La zona de arranque de los derrumbes para el sector tiene una longitud de 1300 metros, que continúa a lo largo de la cumbre y ladera media de la colina (Figuras 19 y 20). Los depósitos están compuestos por bloques (65%) de hasta 6 metros, gravas (20%) en matriz arcillo-limosa (15%).

Estos derrumbes identificados son de actividad latentes causados por la pérdida de estabilidad, y son detonados por lluvias y sismos.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas se considera como **peligro alto**.



Figura 19. La zona de arranque de los derrumbes se observa en la cumbre de colinas de la Villa San Luis.



Figura 20. Se muestra zona de arranque de los derrumbes en la ladera media de las colinas de la Villa San Luis. Vista hacia el noroeste.

5.1.3. Avalancha de detritos

El peligro de tipo flujo en el sector de Villa San Luis se caracteriza por el desplazamiento libre de avalanchas de detritos rápidas a extremadamente rápidas que se dan en las laderas de las colinas del sector. Estas avalanchas son activas y están compuestas por fragmentos de rocas redondeadas a subredondeadas, de bloques (40%) con tamaños máximos de hasta 0.35 metros, gravas (40%) dentro de una matriz areno limoso (20%). (Figura 21).

El material que conforma las avalanchas de detritos estuvo parcialmente saturado, de poco espesor, al momento de desplazarse fue de forma rápida a extremadamente rápida, esto se debe a las pendientes del terreno (muy fuertes a muy escarpadas, $>25^\circ$) (Figura 22). Este proceso se produce durante los periodos de precipitaciones pluviales extremas.

Otro factor importante detonante son los sismos, que pueden acelerar y movilizar las estructuras internas del suelo, que conlleva a la generación de la avalancha de detritos.

Por lo antes mencionado, se le califica de **peligro alto** y constituye una amenaza permanente para el sector.

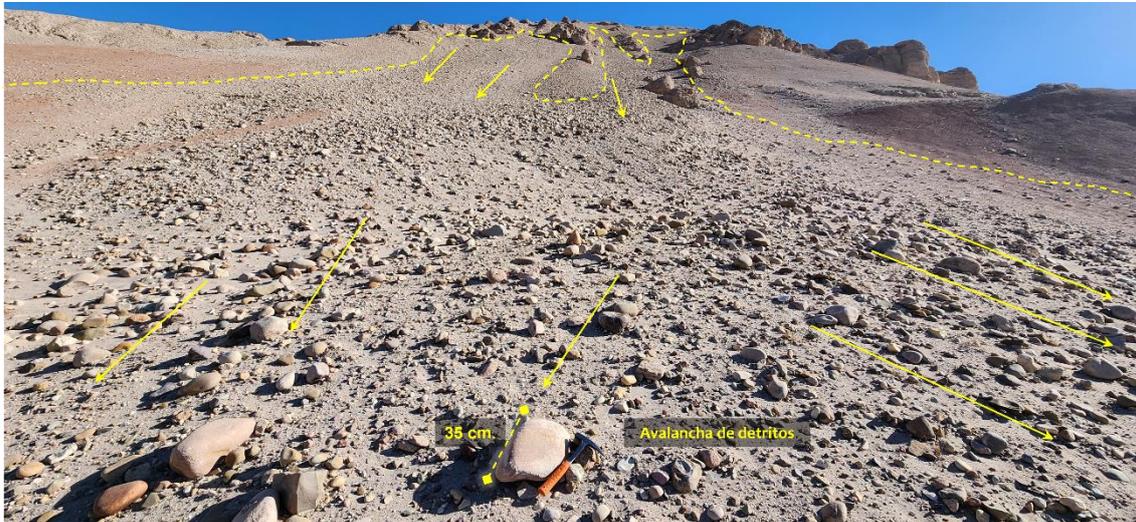


Figura 21. Se observa bloques de hasta 35 cm y gravas de avalancha de detritos en las laderas de lomadas al oeste de la Villa San Luis.



Figura 22. Se aprecia la acumulación de avalancha de detritos en las laderas de las colinas y lomadas al sur de la Villa San Luis.

5.2. Factores condicionantes

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

- Factor: Litología

Presencia de rocas poco consolidadas de conglomerados en matriz areno-limosa, intercaladas con areniscas arcillosas que se encuentran altamente meteorizadas.

El conglomerado, por estar conformado por una matriz areno-limosa, es susceptible a la erosión por el agua de lluvia. Esto puede causar que los fragmentos de roca se desprendan y se desplacen cuesta abajo.

También se tienen afloramientos de lutitas intercaladas con capas de yesos, que se encuentran altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. El contenido de yeso, lo hace muy inestable, pues al contacto con el agua se llega a saturar, por lo cual la roca pierde cohesión. Esto puede causar que las rocas se agrieten y se debiliten, lo que aumenta la probabilidad de derrumbes.

- Factor: Geomorfológico

Las colinas presentan laderas de pendiente variable, con pendientes muy fuertes (25°-45°) a muy escarpadas (>45°). Estas características permiten que el material suelto que se encuentra sobre la ladera discurra fácilmente por efectos de la gravedad y la escorrentía de aguas superficiales. Generando de esta manera caída de rocas, derrumbes y avalanchas de detritos.

5.3. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas y/o prolongadas

Las precipitaciones son el principal factor que desencadena los movimientos en masa en Vitor. Estas saturan el suelo, lo que reduce su capacidad de soporte y aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa. Además, los movimientos en masa son más frecuentes en las zonas donde la vegetación es escasa, como se puede apreciar en las laderas de colinas de la Villa San Luis. Son estas condiciones las que desencadenan el avance de derrumbes y avalanchas de detritos en el sector.

- Sismos

Los sismos pueden acelerar y movilizar las estructuras internas del suelo, lo que puede desencadenar caídas de rocas, derrumbe y avalancha de detritos en el sector Villa San Luis. Cabe mencionar que sector de Villa San Luis se encuentra cerca a la Falla inversa Caraveli-Sicera-Lluta-Vitor, que controla la neotectónica de la zona.

El sismo más reciente ocurrió el 16 de diciembre de 2020, con una magnitud de 5.5 en la escala de Richter. Este sismo se sintió en varias regiones del sur del Perú, incluyendo Arequipa. Según el Reporte Complementario N° 4556 - 17/12/2020 / COEN - INDECI / 17:20 HORAS (Reporte N° 4), a consecuencia del sismo en el valle de Vitor se produjo pequeños derrumbes en las laderas de las colinas de todo el valle, principalmente en los cerros Chapi y Palmeras afectando a las vías de comunicación.

6. CONCLUSIONES

- a) En el sector Villa San Luis afloran rocas de lutitas intercaladas con capas de yesos. Estas rocas se encuentran altamente meteorizadas con estructuras medianamente fracturadas. Por contener vetillas de yeso, estas son muy inestables, porque al contacto con el agua, se hidratan y pierden su cohesión; generando material suelto de fácil remoción.
- b) Se tienen conglomerados polimícticos intercaladas con areniscas arcillosas poco consolidadas. Los conglomerados por tener una matriz areno-limosa, es de fácil erosión, por lo cual van a generar principalmente caída de rocas.
- c) Las pendientes del terreno en el área urbana de Villa San Luis son suaves a moderadas (1° - 15°), mientras que las laderas de las colinas tienen pendientes mayores a 15° (pendientes fuertes a muy escarpadas). Estas características permiten que el material suelto disponible en sus laderas discurra fácilmente.
- d) La geomorfología del sector Villa San Luis está conformada por colinas y lomadas disectadas en roca sedimentaria, terrazas aluviales y piedemonte coluvial antropizado.
- e) Los peligros geológicos encontrados en el sector son caída de rocas, derrumbes y avalancha de detritos en las laderas de las colinas y lomadas que se encuentran al suroeste, oeste y noroeste de la Villa San Luis. Dichos movimientos en masa se presentan activos, mientras que los derrumbes son de actividad latente.
- f) El sector Villa San Luis por la condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas se considera de **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

- a) Se sugiere restringir el crecimiento urbano hacia las laderas en este sector Villa San Luis, habilitando terrenos donde no se observen perturbaciones geológicas.
- b) Se debe realizar un estudio de Evaluación de Riesgos de Desastres (EVAR).
- c) Antes de realizar cualquier tipo de obras de prevención y mitigación en la zona, se debe considerar realizar el estudio de mecánica de suelos.
- d) Instalar barreras de protección frente a la caída de rocas que son un grupo de medidas de mitigación diseñadas para detener o controlar la caída de rocas a medida que ocurren.
- e) Construir muros de contención para mitigar los efectos de los derrumbes y avalancha de detritos.


Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFIA

Vargas Vilchez, Luis. (1970). *Geología del cuadrángulo de Arequipa*. Lima, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, Boletín N°24, Serie A, Hojas 33-s : Carta Geológica Nacional (Escala 1:100 000), 64p. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/142>.

Proyecto Multinacional Andino: *Geociencias para las Comunidades Andinas* (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Publicación Geológica Multinacional, n.4. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>

Luque, G.; Pari, W. & Dueñas, K. (2021) - *Peligro geológico en la región Arequipa*. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 81, 300 p., 9 mapas. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3160>.

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica. (2014). *Datos/Descarga de datos meteorológicos*. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/>

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica. (2014). *Datos/Descarga hidrometeorológicos a nivel nacional*. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica. (2020). *Mapa climático del Perú*. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – *Población y vivienda. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/apps/#p=17>

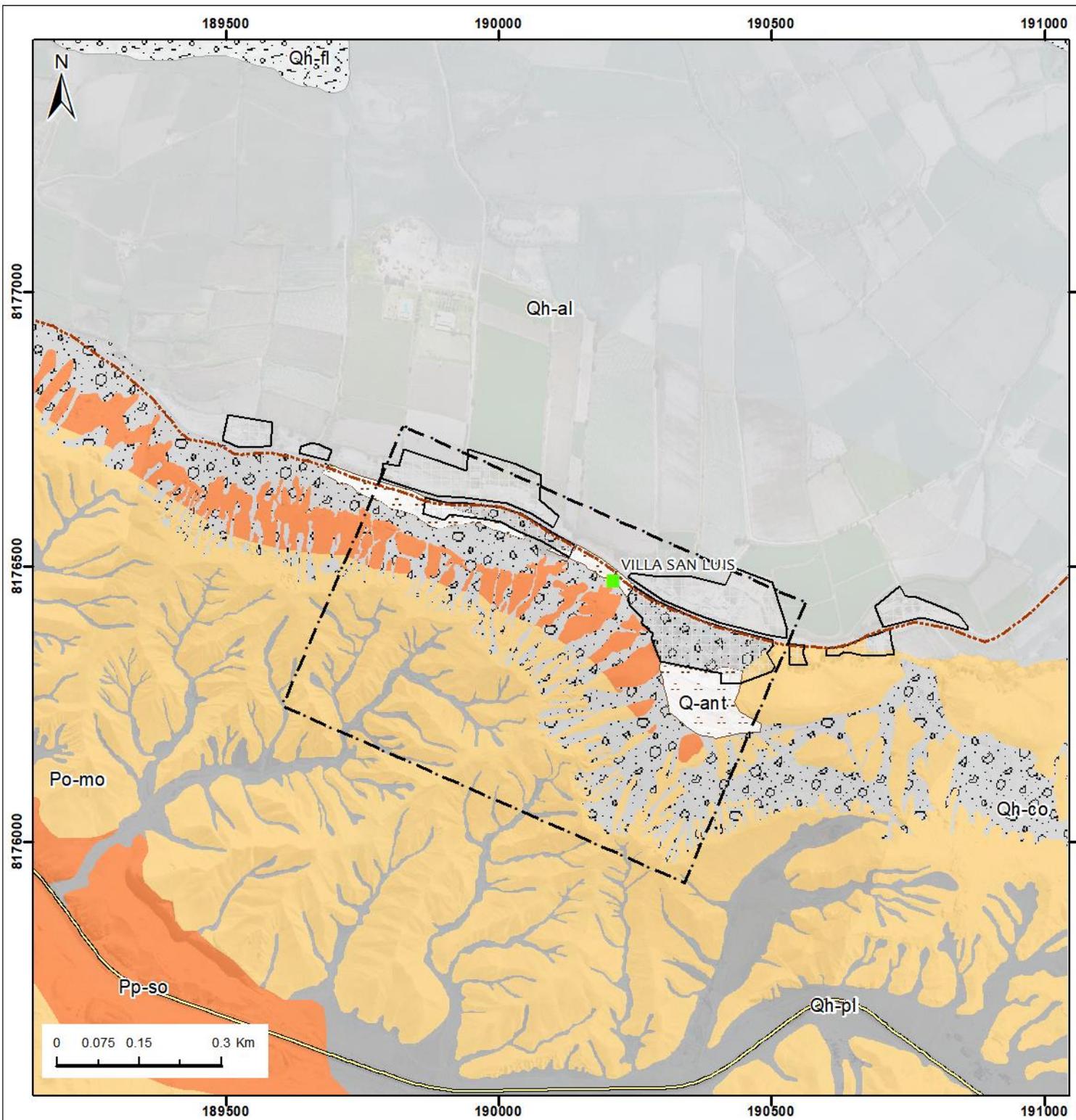
Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – *Catalogo de servicios y publicaciones 2023*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/apps/#p=17>

Google. (2021). *Google Earth [Mapa]*. Recuperado de <https://www.google.com/earth/>

ANEXO 01: MAPAS

Se presenta los siguientes mapas:

- Mapa N°1. Geología del sector Villa San Luis del mapa geológico del cuadrángulo de Arequipa (Hojas 33-s).
- Mapa N°2. Pendientes de los terrenos del sector Villa San Luis.
- Mapa N°3. Geomorfología del sector Villa San Luis
- Mapa N°4. Cartografiado de peligros geológicos del sector Villa San Luis.



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Villa San Luis
- Sector a evaluar
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- Red vial nacional
- Ríos
- Área Urbana - Villa San Luis

LEYENDA

Unidades Litoestratigráficas

- Q-ant, Depósitos antropógenos
- Qh-fl, Depósitos Fluviales
- Qh-pl, Depósitos Proluviales
- Qh-al, Depósitos Aluviales
- Qh-co, Depósitos Coluviales
- Po-mo, Formación Moquegua
- Pp-so, Formación Sotillo

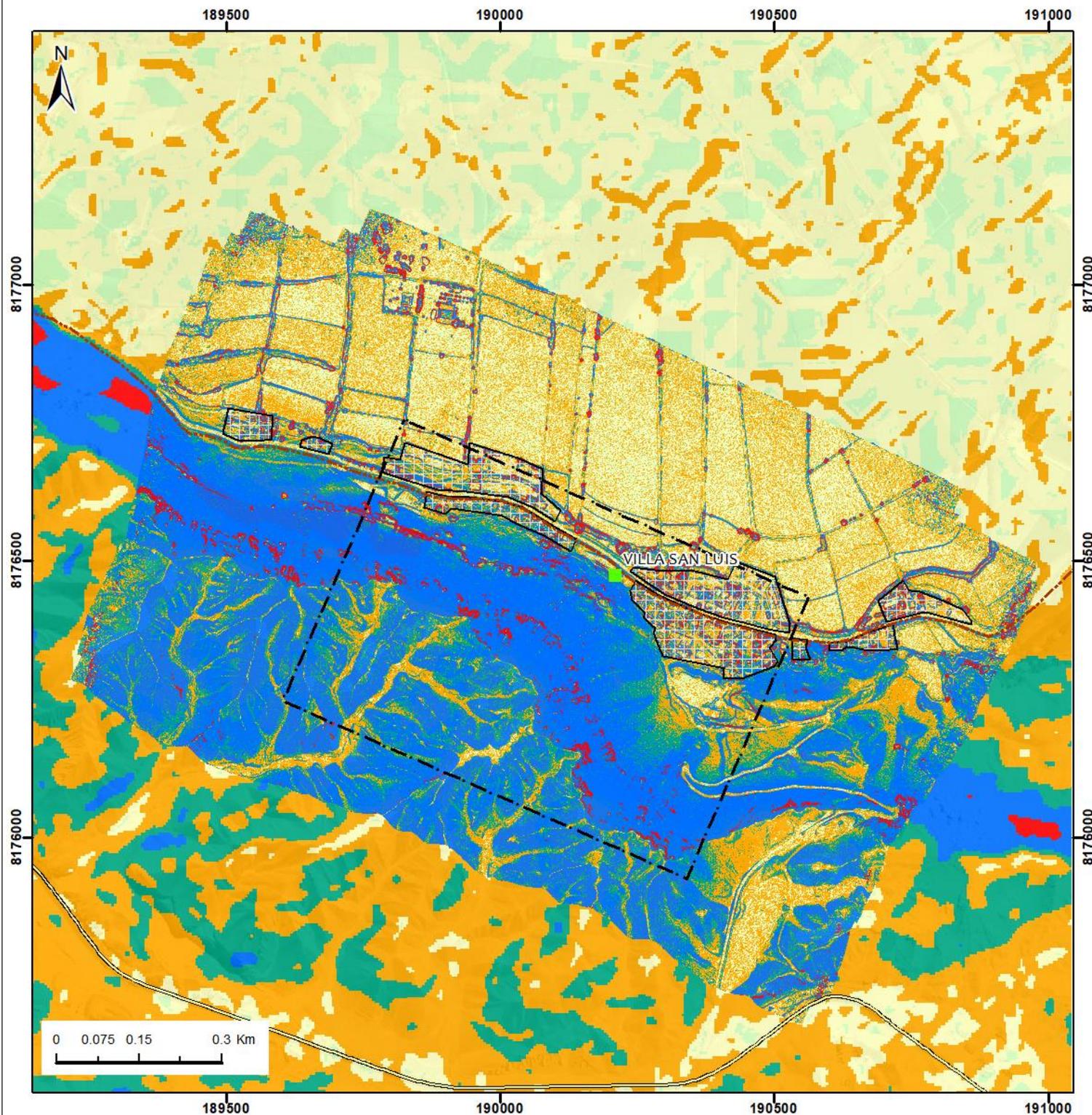
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Arequipa
 Distrito Vitor

GEOLOGÍA DEL SECTOR VILLA SAN LUIS

Escala: 1/10,000 Elaborado por: Ccorimanya Bety MAPA
 Proyección: UTM Zona 19 Sur Datum: WGS 84 **01**
 Versión digital 2023



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Villa San Luis
- Sector a evaluar
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- Red vial nacional
- Ríos
- Área Urbana - Villa San Luis

LEYENDA

Pendiente (Grados)

- 0° - 1°, Llano
- 1° - 5°, Inclinación suave
- 5° - 15°, Moderado
- 15° - 25°, Fuerte
- 25° - 45°, Muy fuerte
- > 45°, Muy escarpado



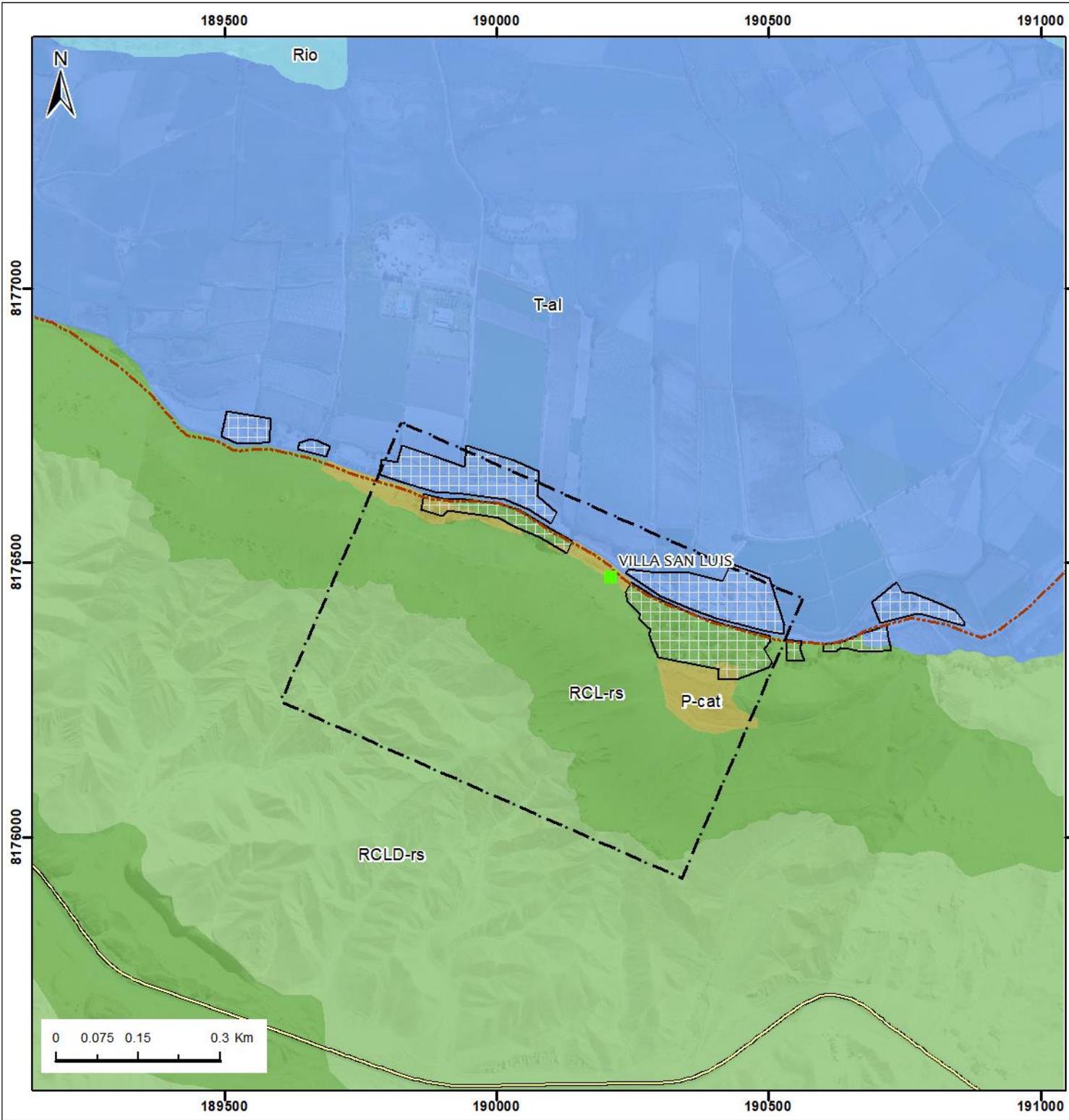
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Arequipa
 Distrito Vitor

PENDIENTES DEL TERRENO DEL SECTOR VILLA SAN LUIS

Escala: 1/10,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Villa San Luis
- Sector a evaluar
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- Red vial nacional
- Ríos
- Área Urbana - Villa San Luis

LEYENDA

Unidades Geomorfológicas

- RCLD-rs, Colina y lomada disectada en roca sedimentaria
- RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
- P-cat, Piedemonte coluvial antropizado
- T-al, Terraza aluvial
- Río, Cauce del río



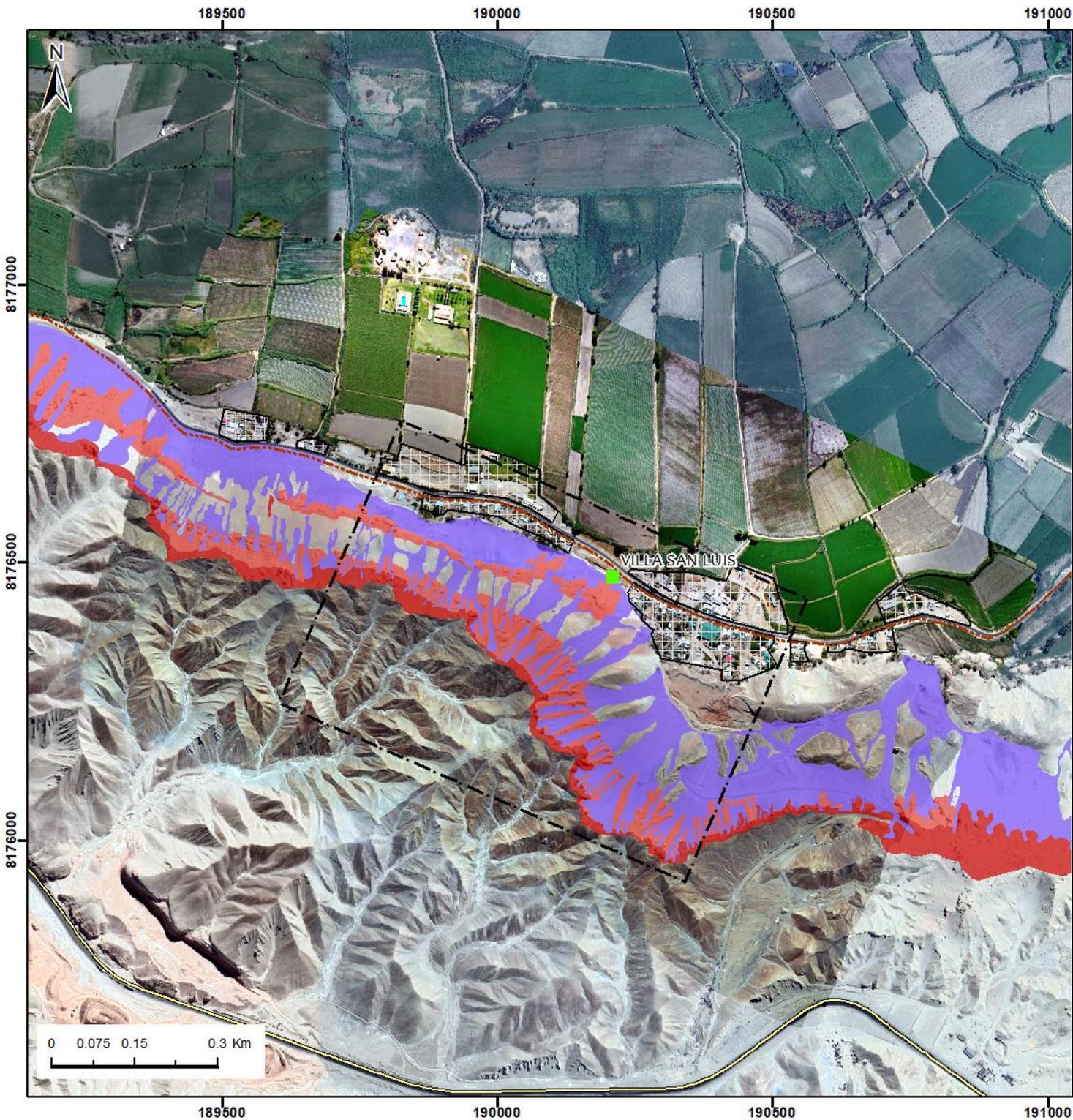
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Arequipa
 Distrito Vitor

GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR VILLA SAN LUIS

Escala: 1/10,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Sector Villa San Luis
- Sector a evaluar
- Red vial vecinal
- Red vial departamental
- Red vial nacional
- Ríos
- Área Urbana - Villa San Luis

LEYENDA

Peligros Geológicos

- Caída de rocas
- Derrumbe, Antiguo
- Avalancha de detritos, Reciente



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Arequipa
 Distrito Vitor

CARTOGRAFIADO DE PELIGROS DEL SECTOR VILLA SAN LUIS

Escala: 1/10,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		

ANEXO 02: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

a) Mitigación de peligros geológicos – Sector Villa San Luis

Para disminuir los daños por Caída de rocas, Derrumbes y Avalancha de detritos, son necesarios aplicar las siguientes medidas:

- Instalar barreras dinámicas de protección frente a la caída de rocas que son un grupo de medidas de mitigación diseñadas para detener o controlar la caída de rocas a medida que ocurren. Por lo general, se construyen con postes de acero y una red flexible soportada por un cable metálico.
- Construir muros de contención para mitigar los efectos de los derrumbes y avalancha de detritos.



Figura 23. Ejemplo de barreras dinámicas de protección frente a la caída de rocas.



Figura 24. Ejemplo de muros de contención para los derrumbes y sujeción de la avalancha de detritos.