

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7479

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL CENTRO POBLADO LAS PALMERAS

Región Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito Vitor



FEBRERO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL CENTRO POBLADO LAS PALMERAS

Distrito Vítor, provincia y departamento Arequipa

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

Equipo de investigación:

Yeny Bety Ccorimanya Chalco

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Evaluación de peligros geológicos del centro poblado Las Palmeras, distrito Vítor, provincia y departamento Arequipa. Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7479, 32p.

INDICE

RESUMEN.....	3
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. Formación Millo (Np-mi)	13
3.1.4. Depósitos coluviales (Qh-co).....	14
3.1.5. Depósitos aluviales (Qh-al).....	15
3.1.6. Depósitos proluviales (Qh-pl)	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	15
4.1. Pendientes del terreno	15
4.2. Unidades Geomorfológicas	16
4.2.1. Unidad de colina y lomada	17
4.2.2. Unidad de Ladera	17
4.2.3. Unidad de Piedemonte y abanico.....	17
4.2.4. Otras Geoformas fluviales	18
4.2.5. Unidad de terraza	18
5. PELIGROS GEOLOGICOS	18
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa – Centro Poblado Las Palmeras	18
5.1.1. Caída de rocas.....	19
5.1.2. Avalancha de detritos.....	19
5.1.3. Flujo de detritos	20
5.2. Factores condicionantes.....	22
5.3. Factores desencadenantes	23
6. CONCLUSIONES	24
7. RECOMENDACIONES	25
8. BIBLIOGRAFIA.....	26
ANEXO 01: MAPAS	27

RESUMEN

El centro poblado Las Palmeras, pertenece 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 a los tres niveles de gobierno.

En el centro poblado Las Palmeras afloran substratos de lutitas intercaladas con capas de yeso, moderadamente meteorizadas y muy fracturadas (Formación Sotillo); y areniscas limo-arcillosas rojizas intercaladas con conglomerados en proceso de litificación (Miembro inferior Formación Moquegua). También afloran conglomerados polimícticos, redondeados a subredondeados, con bloques (45%) de hasta 35 centímetros, clastos (35%) en matriz areno-limosa (20%) con cierto contenido de cenizas y tufos retrabajados (Miembro superior de la Formación Moquegua), en proceso de litificación. En la parte superior de la secuencia, se identificaron conglomerados polimícticos de bloques (35%), con diámetros hasta 60 cm, gravas (45%) en matriz areno-limosa (20%) inconsolidados, con lentes de cenizas retrabajados (Formación Millo). Estos son materiales no consolidados, poco fracturado y son de fácil erosión.

Desde el punto de vista geomorfológico se observa lomadas con laderas de pendientes de inclinación suave a moderado (1° - 15°), colinas en roca sedimentaria con laderas de pendientes mayores a 45° (muy escarpados), laderas en roca sedimentaria con pendientes entre 15° - 45° (fuertes a muy fuertes), así como cauce de quebrada y abanicos de piedemonte con pendientes entre 5° - 15° (moderadas).

Los peligros geológicos identificados comprenden movimientos en masa, tipo flujos de detritos, caída de rocas y avalancha de detritos.

El principal peligro geológico que afecta al centro poblado Las Palmeras son los flujos de detritos, en la quebrada del mismo nombre. Estos eventos son de actividad antigua (1 evento) y reciente (2 eventos), que pueden ser detonados por precipitaciones pluviales intensas y/o prolongadas.

También se pueden presentar caída de rocas que pueden presentar alturas comprendidas entre 30 m hasta 55 m, los depósitos presentan bloques de hasta 0.33 m. La zona de arranque tiene una longitud de 900 m, a lo largo de la cumbre de la colina.

Además, se tienen avalanchas de detritos recientes que alcanzan longitudes en promedio de 95 m, compuestas por fragmentos de rocas redondeadas a subredondeadas, compuestos por bloques (70%) con tamaños máximos de hasta 0.35 m, gravas (20%) dentro de una matriz areno limoso (10%).

A un kilómetro, hacia el Oeste del centro poblado Las Palmeras se encuentra la Falla inversa activa Caraveli – Sicera – Lluta – Vitor, en caso de su activación puede generar sismos.

Por las condiciones mencionadas, la quebrada Las Palmeras 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° 66-2023-JAHCH-MDV; es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos, de movimientos en masa, tipo Flujo de detritos.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ingenieros Bety Ccorimanya Chalco e Yhon Soncco Calsina, para que realicen la evaluación de peligros geológicos en el centro poblado Las Palmeras, la cual se llevó a cabo el 01 de diciembre 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 Vitor 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 centro poblado Las Palmeras 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:

- INGEMMET. 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 Formación Moquegua.
- INGEMMET. 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 Susceptibilidad a Movimientos en Masa (SMM), donde la quebrada Las Palmeras, se encuentra en **Susceptibilidad Alta a Muy Alta**.

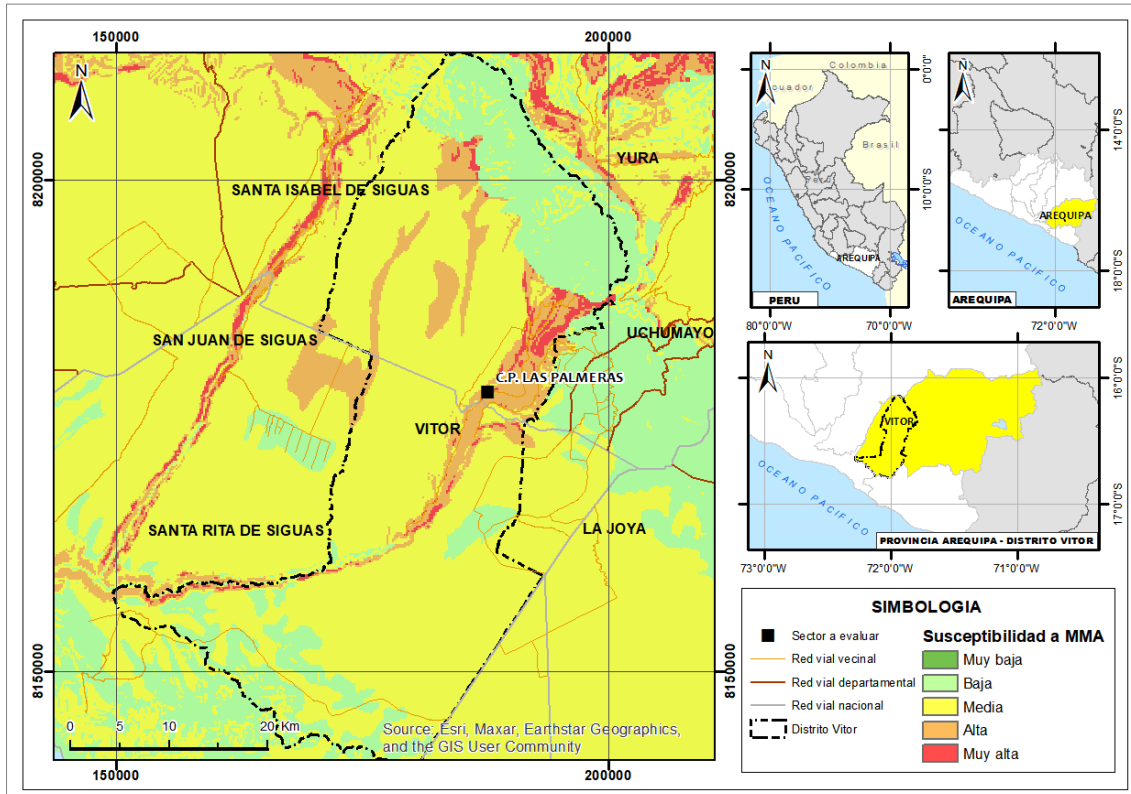


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Fuente: INGEMMET - 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 centro poblado Las Palmeras, se encuentra ubicada 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
Las Palmeras	187722.59 m E	8178418.65 m S	16°27'19.86"S	71°55'27.70"W

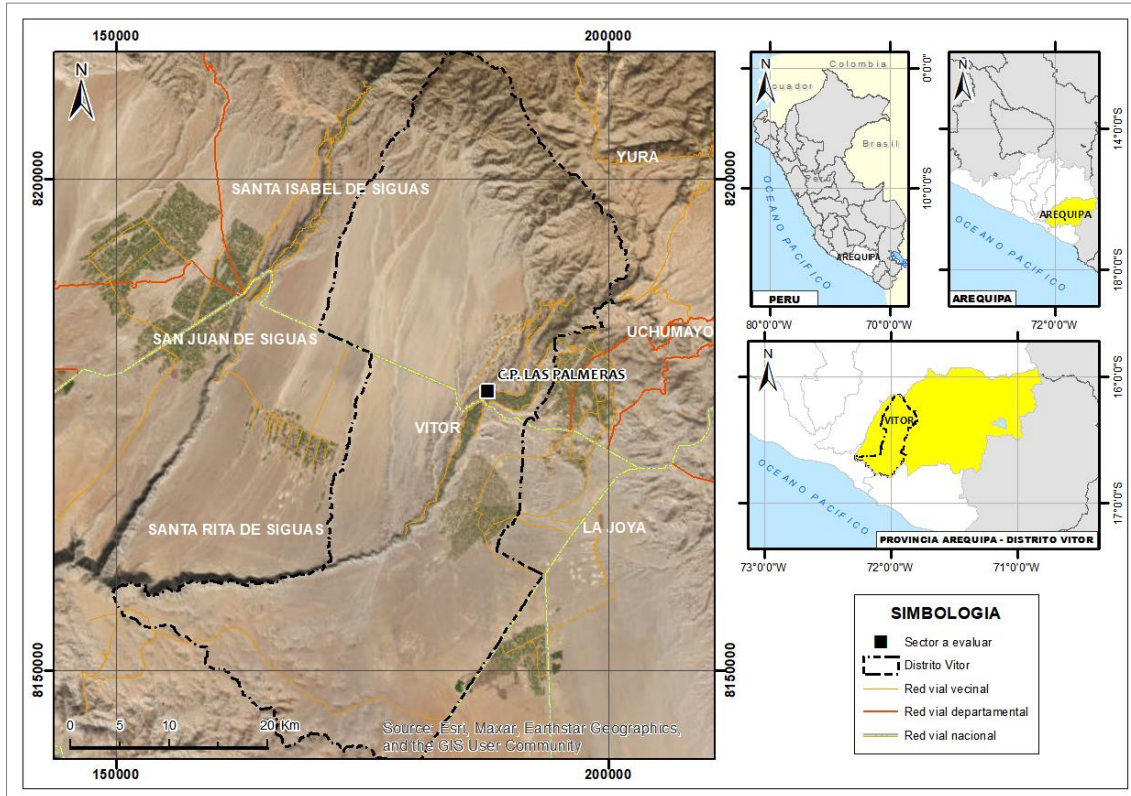


Figura 2. Ubicación del área de evaluación.

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 Las Palmeras cuenta con una población total de 145 habitantes entre hombres (64) y mujeres (81) distribuidos en 58 viviendas particulares. De estas, 57 viviendas se encuentran ocupadas y 01 desocupada. (Figura 3).

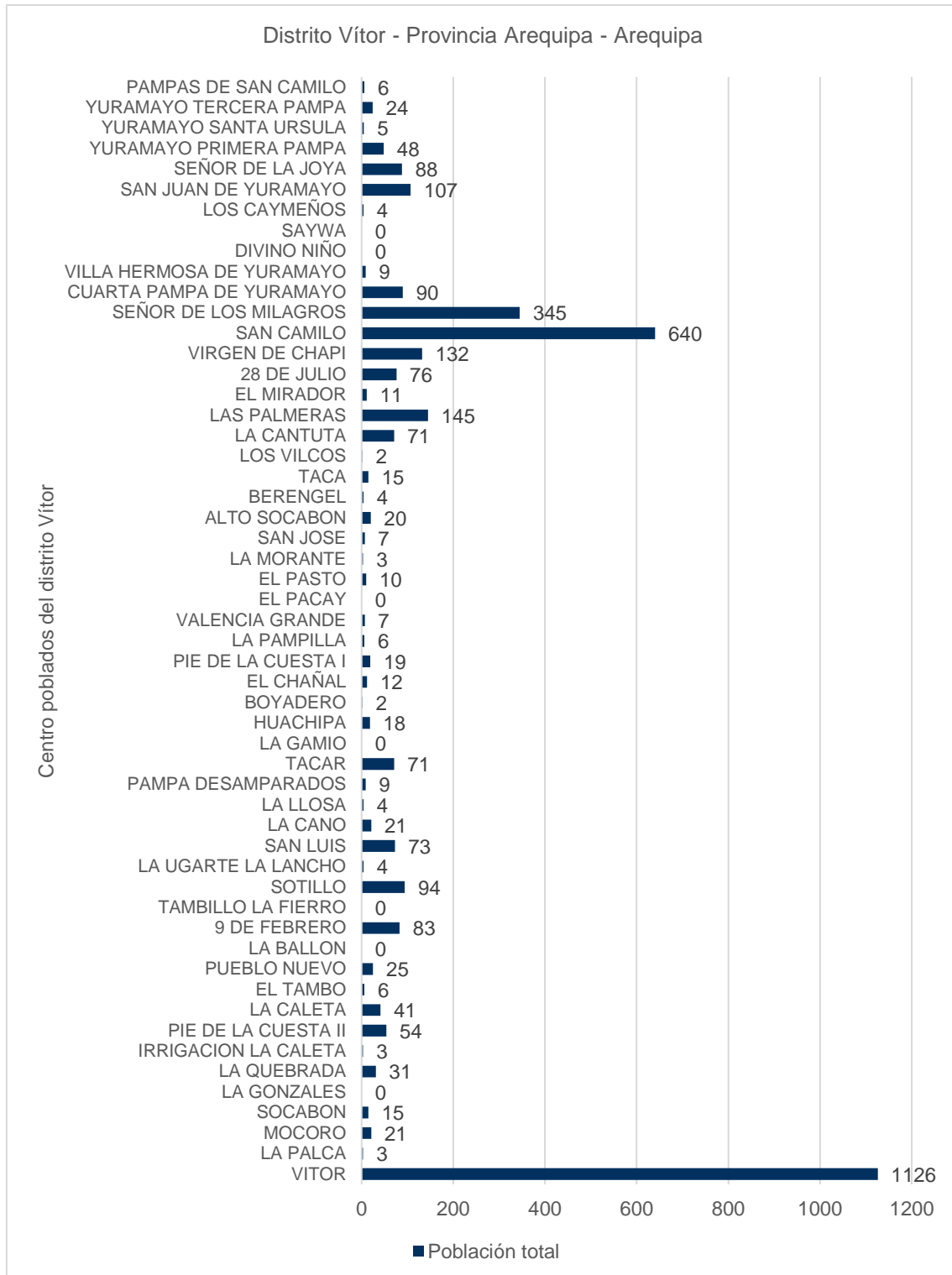


Figura 3. Población total de los centros poblados del distrito de Vítor, provincia Arequipa - Arequipa. Se puede apreciar que Las Palmeras es el cuarto centro poblado con mayor población.

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

1.3.3. Accesibilidad

El acceso al centro poblado Las Palmeras 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 (CC.PP. Las Palmeras)	Carretera asfaltada	61	1 h 16 min

1.3.4. Clima

El centro poblado Las Palmeras 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).

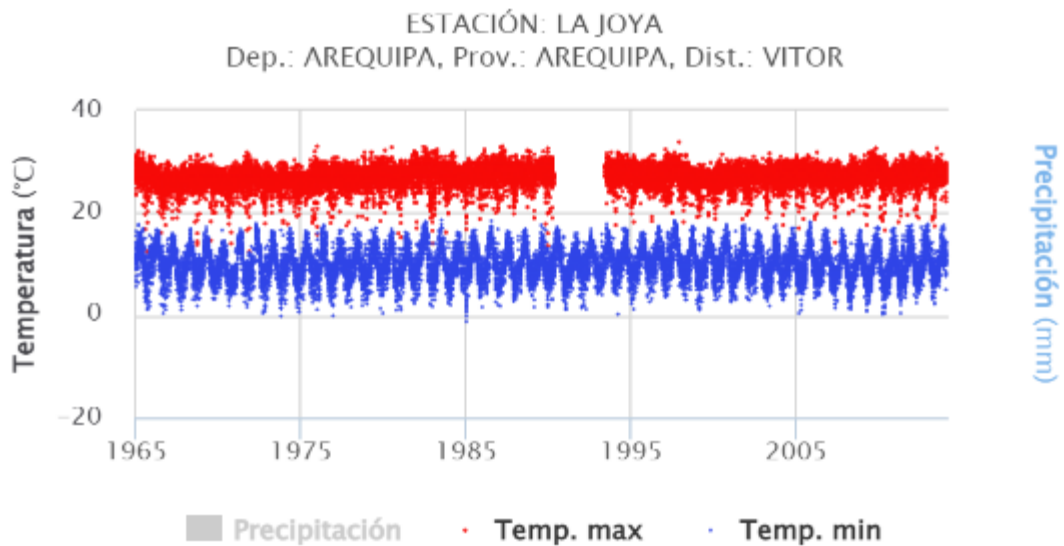


Figura 4. Histograma de temperaturas máximas y mínimas diarias – Estación La Joya, distribuidas a lo largo del periodo 1965 - 2015.

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), tiene 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.

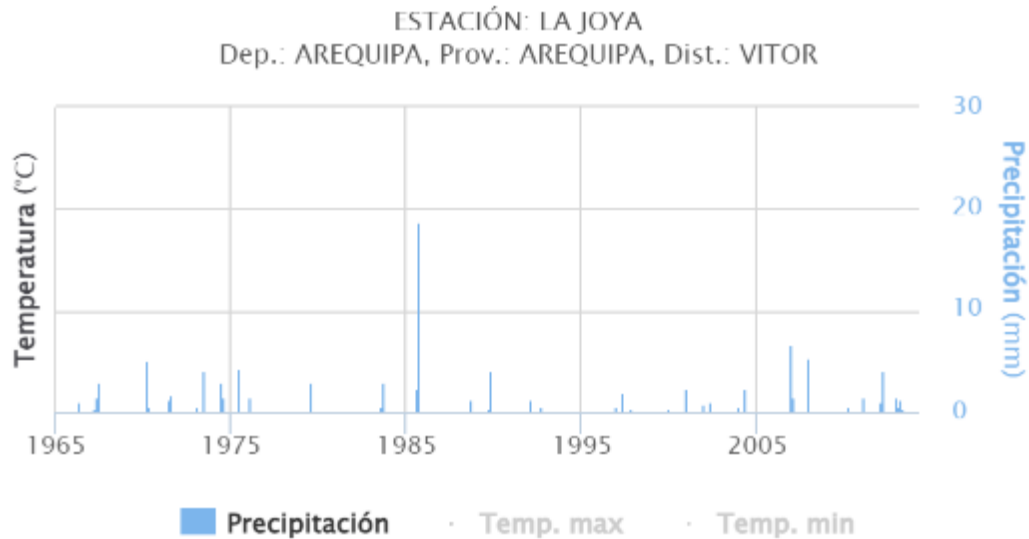


Figura 5. Histograma de precipitaciones totales mensuales en mm, estación La Joya: 1965 – 2015.
Fuente: Estación meteorológica convencional La Joya - SENAMHI.

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.

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, proluviales y aluviales (Mapa 01 del Anexo 01).

3.1.1. Formación Sotillo (Pp-so)

En el centro poblado Las Palmeras, el sustrato rocoso de la Formación Sotillo aflora como lutitas pardas y marrón rojizas intercaladas con capas de yesos, se encuentran moderadamente meteorizadas con estructuras poco fracturadas, con espaciamientos de hasta 3 m (Figura 6). Debido a esto, se ha generado caída de rocas en las laderas de las colinas.

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 lo que provoca inestabilidad. Las tensiones pueden causar que las rocas se agrieten y/o se desmoronen, lo que puede provocar caída de rocas y otros peligros geológicos.

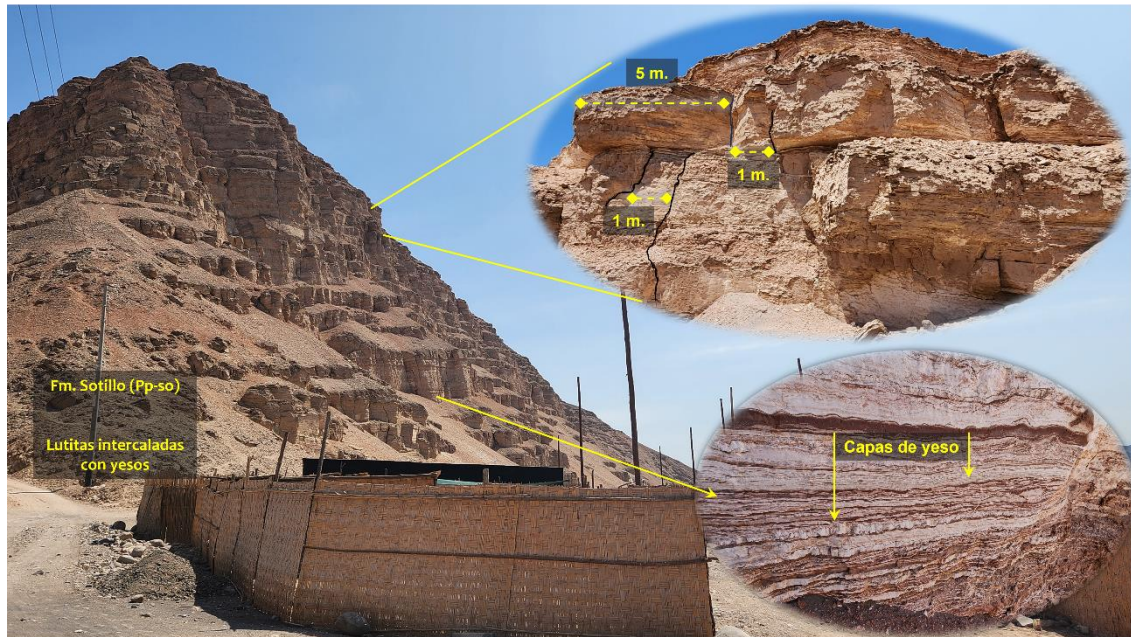


Figura 6. Sustrato rocoso de la Formación Sotillo.

3.1.2. Formación Moquegua (Po-mo)

En el centro poblado Las Palmeras, afloran los sustratos rocosos del miembro inferior y superior de la Formación Moquegua (Figura 7). El primero está compuesto por areniscas limo-arcillosas rojizas intercaladas con conglomerados en proceso de litificación. Estas rocas están moderadamente meteorizadas y tienen estructuras poco fracturadas, con espaciamientos de hasta 3 metros. (Figura 8).

El miembro superior está conformado por conglomerados polimícticos redondeados a subredondeados con bloques (45%) de hasta 35 cm, gravas (35%) en matriz arenolimsa (20%) con cierto contenido de cenizas y tufos re TRABAJADOS. El sustrato presenta materiales sueltos, se encuentra no consolidado y poco compacto.

Estos afloramientos rocosos se observan en las laderas de las colinas de la quebrada Las Palmeras, suprayace a la Formación Sotillo e infrayace a la Formación Millo.

Además, se ha observado en campo la surgencia de 5 manantiales con un caudal promedio de 70 ml/s en la interfaz entre el miembro superior e inferior de la Formación Moquegua, en la ladera del flanco derecho de la quebrada Las Palmeras. Los manantiales, en algunos casos, son captados hacia reservorios permeabilizados con geomembranas. Esta surgencia de agua satura y debilita el suelo, incrementando la probabilidad de ocurrencia de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en estos puntos.



Figura 7. Sustrato rocoso de la Formación Moquegua, se observa el contacto entre ambos miembros de la Formación.



Figura 8. Sustrato rocoso del miembro inferior de la Formación Moquegua.

3.1.3. Formación Millo (Np-mi)

La Formación Millo en el centro poblado de Las Palmeras está conformada por conglomerados polimícticos de bloques (35%) con diámetros hasta 60 cm, gravas (45%) en matriz areno-limosa parda oscura (20%) inconsolidados, estos materiales son poco consolidados, compuesto en proporción variable de fragmentos de rocas intrusivas subredondeados de cuarcitas y volcánicos. Esta Formación se encuentra poco fracturado y ligera a moderadamente meteorizadas, suprayace a la Formación Moquegua y se observa en la cima de las lomadas y colinas de la quebrada Las Palmeras. (Figura 9).



Figura 9. Sustrato rocoso de la Formación Millo.

3.1.4. Depósitos coluviales (Qh-co)

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

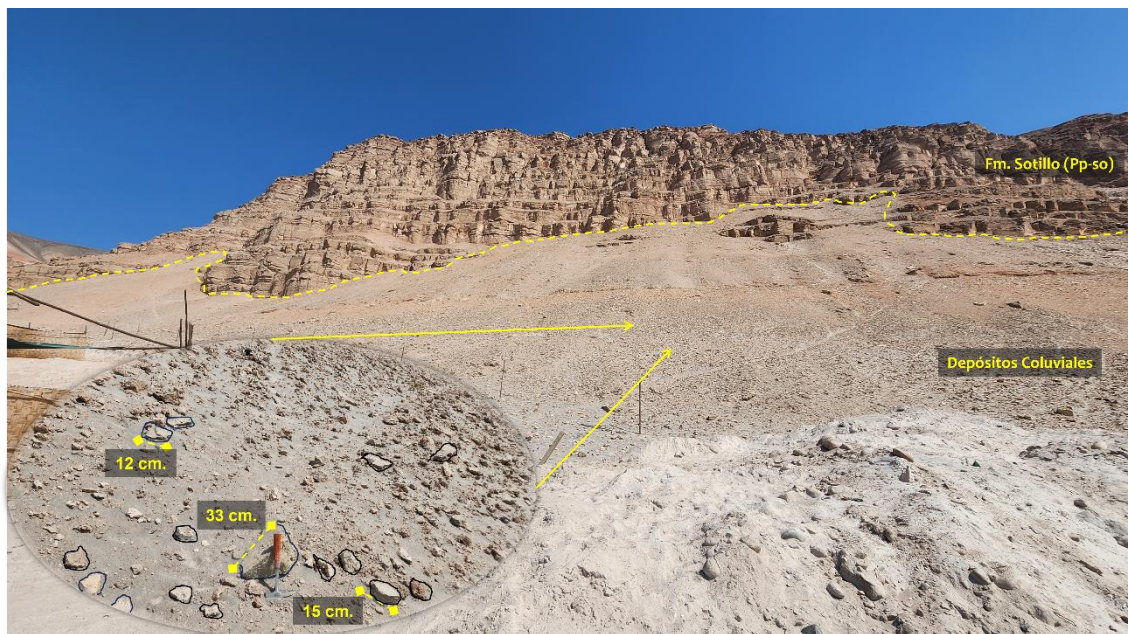


Figura 10. Depósitos coluviales. Vista hacia el noreste del centro poblado Las Palmeras.

3.1.5. Depósitos aluviales (Qh-al)

Los depósitos aluviales están compuestos por bloques, cantos y gravas polimícticas redondeados a subredondeados en matriz areno limoso. Estos depósitos son las terrazas donde se desarrollan las actividades agrícolas del distrito Vitor y centro poblado Las Palmeras.

3.1.6. Depósitos proluviales (Qh-pl)

Estos depósitos se encuentran parcialmente consolidados, conformados por bloques de hasta 60 cm (40%), gravas (35%), dentro de una matriz areno-limosa (25%) con cierto contenido de cenizas re trabajadas. Los fragmentos de rocas que componen estos depósitos son redondeados o subredondeados, por la presencia de fragmentos de rocas de las formaciones Millo y Moquegua. Los flujos de detritos fueron generados por la erosión de rocas de estas formaciones. (Figura 11).

Estos depósitos representan un peligro potencial para la población que habita en la zona baja de la quebrada Las Palmeras, ya que pueden ser movilizados por precipitaciones intensas y/o extraordinarias.

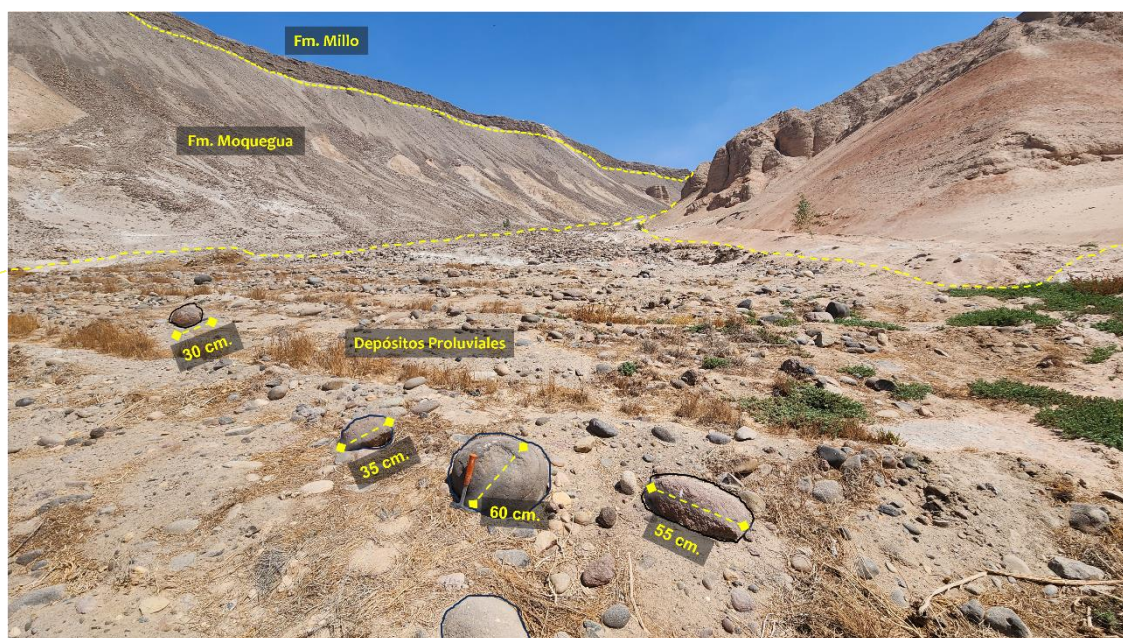


Figura 11. Depósitos Proluviales. Vista hacia el norte del centro poblado Las Palmeras.

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.

Centro poblado Las Palmeras: En la quebrada Las Palmeras, las laderas de las colinas tienen pendientes mayores a 45° (muy escarpados), lo que facilita el escurrimiento superficial del agua de precipitación pluvial y el arrastre del material suelto

disponible en sus laderas (Figura 12). Por otro lado, el área urbana presenta pendientes de inclinación moderado (5° - 15°).



Figura 12. Pendientes del terreno de la quebrada Las Palmeras.

En el Mapa 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.

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 centro poblado y quebrada Las Palmeras, presenta cimas con pendientes de inclinación suave a moderado ($1^\circ - 15^\circ$), las laderas de las colinas tienen pendiente fuerte a muy escarpado ($15^\circ - 25^\circ$, $25^\circ - 45^\circ$ y $>45^\circ$) y de desniveles de hasta 150 m (Figura 13). Además, exhiben surcos de erosión.



Figura 13. Se observan colinas y lomadas en roca sedimentaria, como también el material suelto en el cauce de la quebrada. Vista hacia el sur.

4.2.2. Unidad de Ladera

4.2.2.1. Ladera en roca sedimentaria (LA-rs)

Este tipo de laderas están presentes en ambos flancos de la quebrada Las Palmeras y a la vez se observa como parte de la transición entre las colinas y las quebradas y abanicos de piedemonte (Figura 14). Se caracterizan por tener pendientes fuertes a muy fuertes ($15^\circ - 45^\circ$). La erosión de las laderas en este sector fue causada por el agua de lluvia, el viento y el movimiento de masas, que erosionaron las rocas hasta formar laderas con pendientes fuertes.

4.2.3. Unidad de Piedemonte y abanico

4.2.3.1. Abanico de piedemonte (Ab)

La formación de los abanicos de piedemonte en el centro poblado Las Palmeras, se debió a la acumulación de sedimentos transportados por el agua de lluvia de la quebrada Las Palmeras, presenta pendiente moderado ($5^\circ - 15^\circ$). Típicamente, estos abanicos de piedemonte se desarrollan en la base de las colinas.

La presencia de población y construcciones urbanas en el abanico aluvial de la quebrada Las Palmeras representa un riesgo potencial para la población (Figura 14). Los abanicos aluviales son áreas propensas a flujos de detritos en este sector.

4.2.4. Otras Geoformas fluviales

4.2.4.1. Cauce de quebrada (CQ)

El cauce de la quebrada Las Palmeras es una quebrada seca con un trazo poco sinuoso, con curvas suaves, con un cauce de ancho promedio de 60 m con pendientes de inclinación moderada (5°-15°) y está formado por depósitos acumulados de bloques, gravas, arenas, limos y cenizas re trabajadas (Figura 14). Esta quebrada presenta abundante acarreo de material, por lo que no tiene un cauce definido.

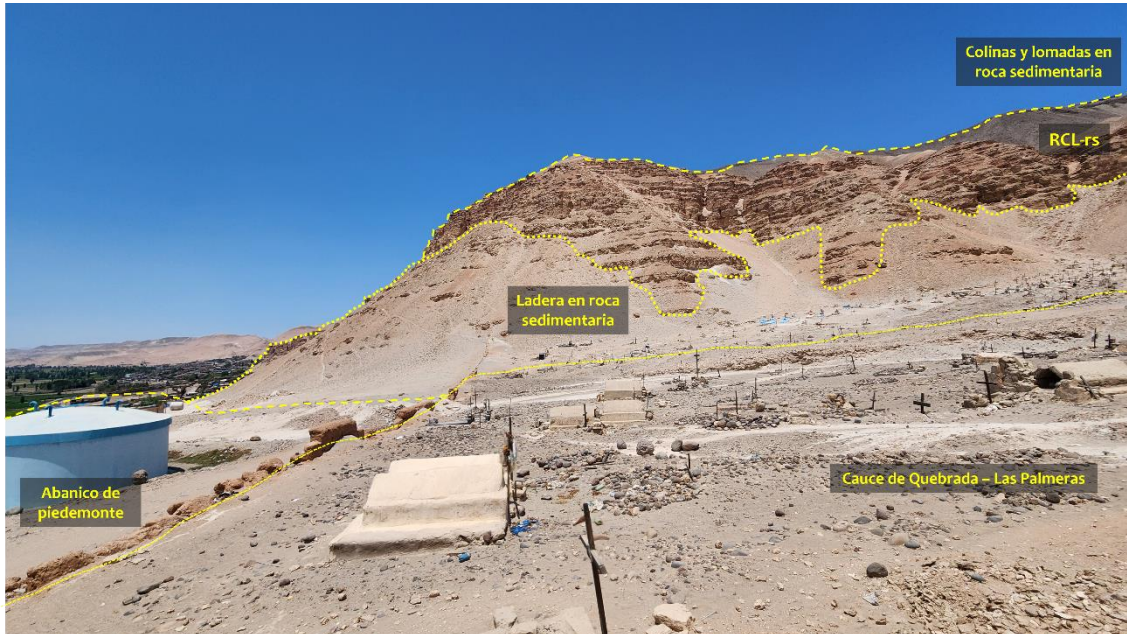


Figura 14. Laderas en roca sedimentaria. Vista hacia el oeste.

4.2.5. Unidad de terraza

4.2.5.1. Terraza aluvial (T-al)

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

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa – Centro Poblado Las Palmeras

La descripción de los eventos geodinámicos en el centro poblado Las Palmeras 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 y fotografías a nivel de terreno. Además, se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

El sector se caracteriza por presentar colinas y lomadas en roca sedimentaria de estructuras moderadamente meteorizadas y poco fracturadas. Estas características generan peligros como caída de rocas, avalancha de detritos y flujos de detritos. Esta

geodinámica activa afecta las laderas y fondo de la quebrada Las Palmeras y laderas circundantes al centro poblado. (Mapa 04 del Anexo 01).

5.1.1. Caída de rocas

Las caídas de rocas son frecuentes en las laderas de las colinas colindantes al centro poblado Las Palmeras. Esto se debe a que el material de las laderas está conformado por rocas en proceso de litificación, conformado por lutitas intercaladas con capas de yesos que se encuentran moderadamente meteorizadas con estructuras poco fracturadas (Figura 15).

El contenido de venillas y capas de yeso en las rocas lo hace muy inestable al sector, pues el yeso al contacto con el agua aumenta su volumen, lo que causa que las rocas en el transcurso del tiempo se agrieten y/o se desmoronen, ocasionando fragmentos de roca sueltos, que después se desplazan cuesta abajo.

Además, las laderas por tener pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$), frentes rocosos, lo hacen que sea muy susceptible a movimientos en masa de este tipo (Figura 15).

Las alturas desde donde caen las rocas van desde los 30 m hasta 55 m. Los bloques que lo conforman alcanzan dimensiones de hasta 33 cm. La zona de arranque tiene una longitud de 900 m continúa a lo largo de la cumbre de la colina.

La caída de rocas es activa y se le califica como **peligro alto** y constituyen una amenaza permanente en esta zona.



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

5.1.2. Avalancha de detritos

Este tipo de evento, en el centro poblado Las Palmeras, se caracteriza por el desplazamiento libre de avalanchas de detritos rápidas que se dan en las laderas de las colinas de la quebrada. Estas avalanchas están compuestas por fragmentos de rocas redondeadas a subredondeadas, de bloques (70%) con tamaños máximos de hasta 0.35 m, gravas (20%) dentro de una matriz areno limoso (10%). (Figura 16).

El material que conforma las avalanchas de detritos estuvo parcialmente saturado, de poco espesor, al momento de desplazarse fue de forma rápida, esto se debe a las pendientes del terreno (muy fuertes a muy escarpadas $>25^\circ$) (Figura 16). Este proceso se produce durante los periodos de precipitaciones pluviales extremas.

Otro factor detonante son los sismos, teniendo en cuenta que la falla inversa activa Caraveli – Sicera – Lluta – Vitor que se encuentra a 1 Km del centro poblado Las Palmeras, en dirección Noroeste - Sureste, 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 en las laderas de la quebrada Las Palmeras.



Figura 16. Se observa bloques de hasta 35 cm y gravas de avalancha de detritos en las laderas de colinas de ambos flancos de la quebrada. Vista hacia el oeste de la quebrada Las Palmeras.

5.1.3. Flujo de detritos

Los flujos de detritos en la quebrada Las Palmeras están compuestos por una matriz areno-limosa (25%) con un contenido de bloques (40%) con tamaño de hasta 35 cm, gravas (35%) con cierto contenido de cenizas reabajadas. Estos sedimentos se encuentran poco compactos. (Figura 17).

La quebrada Las Palmeras cuenta con abundante material acarreado proveniente de flujos de detritos antiguos, en el cauce se observa cursos bifurcados en formas anastomosados, son canales no definidos, por lo cual, la dirección del desplazamiento del flujo es variable.

Los flujos de detritos en esta quebrada, son detonados por lluvia intensas y/o prolongadas, causan daños en el reservorio de distribución de agua para consumo, en el complejo deportivo Virgen de Chapi, el cementerio El Ángel y viviendas aledañas.

El centro poblado Las Palmeras se encuentra en **Peligro Alto a Muy alto** por flujo de detritos. Por lo antes mencionado, constituye una amenaza permanente para la zona.

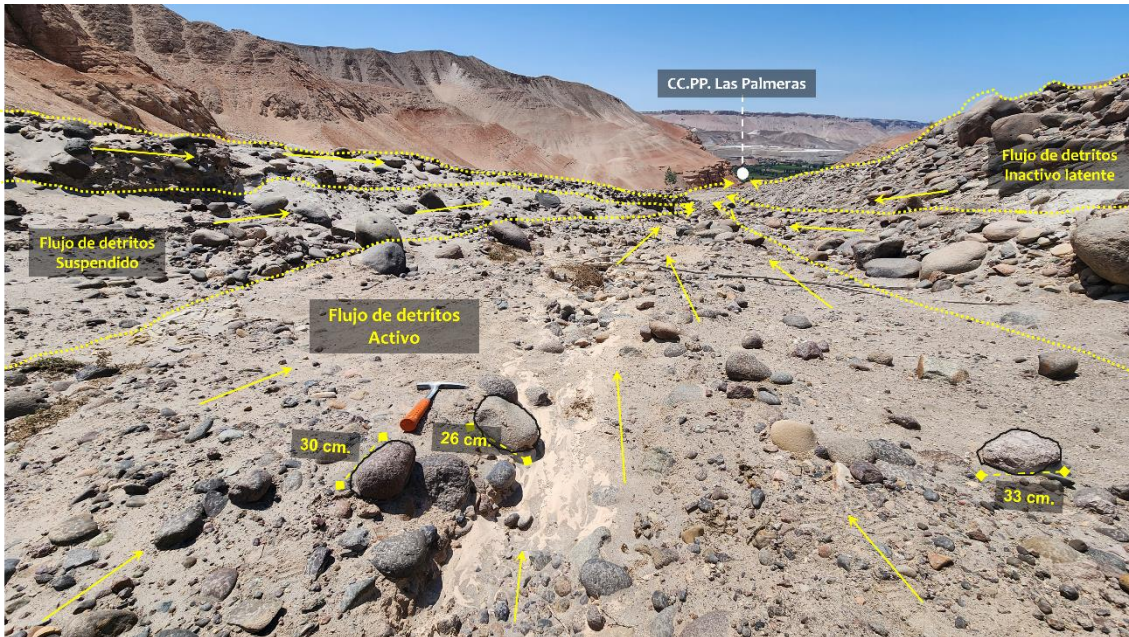
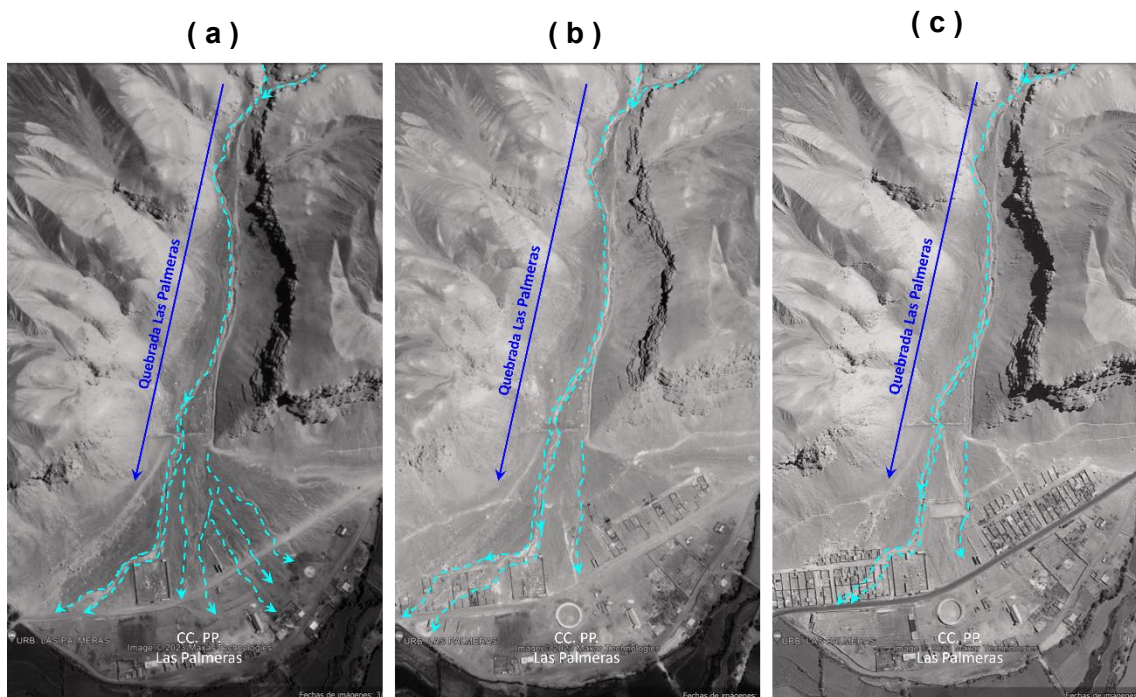


Figura 17. Se aprecia la acumulación de depósitos de flujos de detritos en la quebrada Las Palmeras. Vista hacia el sur.

En la quebrada Las Palmeras, de acuerdo con el análisis de las imágenes multitemporales, se observa la ocurrencia de flujos de detritos en distintos años. Esta quebrada en su desembocadura forma un abanico, donde el curso de los flujos de detritos se bifurca. Se observa que la desembocadura de quebrada empieza a ser ocupada por viviendas desde el 2002, a la fecha, la expansión es mayor sin ningún control urbanístico, toda la infraestructura construida se encuentran expuestas al peligro.

La quebrada no cuenta con un curso definido, está modificada interrumpida en su continuidad y existe una creciente ocupación en dirección de la quebrada. (Figura 18).



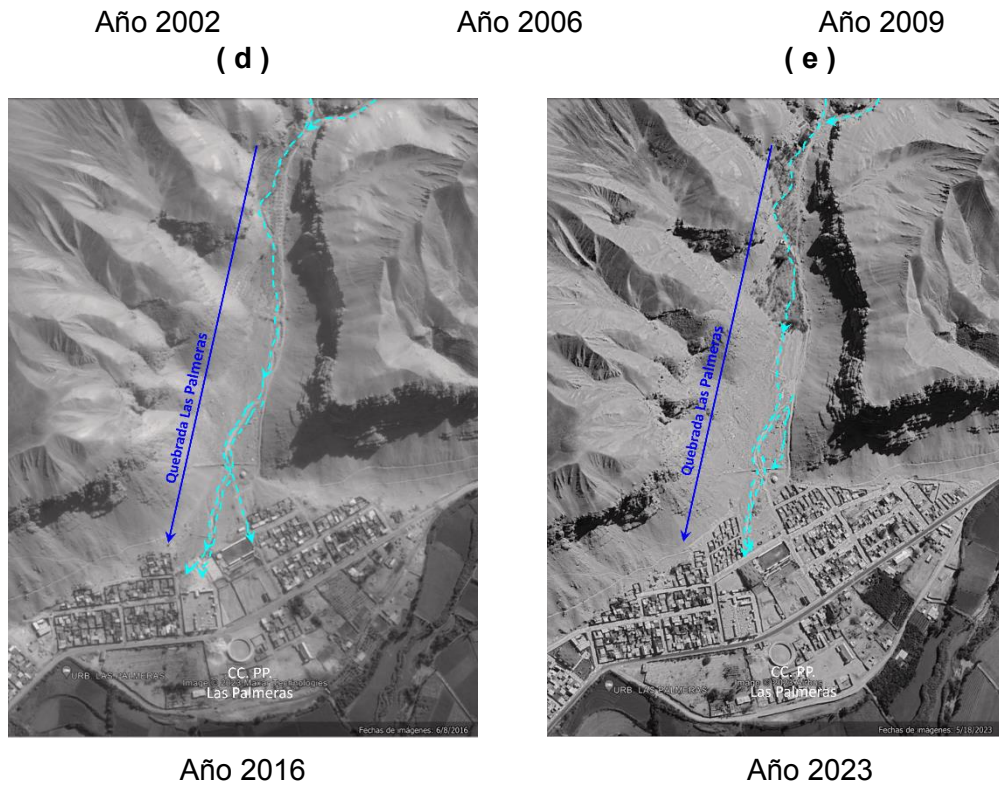


Figura 18. Las imágenes satelitales multitemporales muestran una comparación de las ocurrencias de diferentes formas que han discurrido los flujos de detritos en el centro poblado Las Palmeras.

- (a) Imagen satelital del 29/03/2002, se observa la huella de un flujo de detritos y sus bifurcaciones que han formado un abanico.
- (b) Imagen satelital del 19/11/2006, se muestra un flujo de detritos con bifurcaciones, y la insipiente ocupación urbana.
- (c) Imagen satelital del 16/08/2009, en el abanico, se observa el flujo de detritos con dos y una creciente ocupación urbana.
- (d) Imagen satelital del 08/06/2016, se observa la ocupación urbana en los canales de los flujos de detritos.
- (e) Imagen satelital del 18/05/2023, se observa que el abanico de la quebrada se encuentra ocupado por viviendas.

Fuente: Image ©2023 Maxar Technologies, Image ©2023 Airbus.

5.2. Factores condicionantes

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

- Factor: Litología

Presencia de rocas en los flancos de la quebrada Las Palmeras conformados por areniscas y limo-arcillas poco consolidadas intercaladas con conglomerados. Estas rocas están moderadamente meteorizadas y poco fracturadas. Los conglomerados polimícticos redondeados, clastos en matriz areno-limosa con cierto contenido de cenizas y tufos retrabajados, se caracterizan por no estar consolidados; se encuentran poco fracturados y ligera a moderadamente meteorizados.

Por la matriz que presentan los conglomerados areno-limosa y no estar consolidados, son de fácil erosión ante lluvias.

También se tienen afloramientos de lutitas intercaladas con capas de yesos, que se moderadamente meteorizadas y poco fracturadas. El contenido de yeso, lo hace muy inestable, pues al contacto con el agua se llega a hidratar, por lo cual la roca pierde

cohesión. Esto causa que las rocas se agrieten, causa inestabilidad, lo que aumenta la probabilidad de caída de rocas.

- Factor: Geomorfológico

Las colinas presentan laderas de pendiente variable, muy fuertes (25°-45°) a muy escarpadas (>45°) y cauce de quebrada con pendientes moderadas (5°-15°). 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, avalanchas de detritos y flujos de detritos.

- Escasa vegetación.

Esto permite que el agua de lluvia se infiltre fácilmente en el suelo, lo cual contribuye con su saturación,

5.3. Factores detonantes

- 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 el peso de la masa inestable.

- Sismos

Los sismos pueden acelerar y movilizar las estructuras internas del suelo, lo que puede desencadenar caídas de rocas. Cabe mencionar que el centro poblado Las Palmeras se encuentra cerca a la Falla inversa activa 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. 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

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

- a) En el centro poblado Las Palmeras afloran lutitas intercaladas con capas de yesos de la Formación Sotillo. Estas rocas se encuentran moderadamente meteorizadas y poco fracturadas. Por el contenido de yeso, estas son muy inestables, porque al contacto con el agua, se hidratan y pierden su cohesión; generando material inestable de fácil remoción. También afloran areniscas y limo-arcillas poco consolidadas, intercaladas con conglomerados de la Formación Moquegua. Estas rocas están moderadamente meteorizadas y poco fracturadas.
- b) Las unidades geomorfológicas identificadas son colinas y lomadas en roca sedimentaria, laderas en roca sedimentaria, cauce de quebrada, abanico de piedemonte y terrazas aluviales. Las pendientes del terreno en el área urbana del centro poblado Las Palmeras son moderadas (5° - 15°), mientras que las laderas de las colinas tienen pendientes mayores a 45° (muy escarpadas). Estas características favorecen la ocurrencia de movimientos en masa a partir de los materiales sueltos emplazados en sus laderas.
- c) Los peligros geológicos encontrados en el centro poblado Las Palmeras son flujos de detritos en el cauce de la quebrada Las Palmeras, caída de rocas en los frentes rocosos y avalancha de detritos en los flancos de la quebrada. Dichos movimientos en masa se presentan activos.
- d) El centro poblado Las Palmeras por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas se considera de **Peligro Alto y Zona crítica**.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros geológicos. Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a la población e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados:

- a) Restringir el crecimiento urbano hacia el cauce de la quebrada Las Palmeras, para ello se debe habilitar terrenos donde no se observen peligros geológicos.
- b) Realizar un estudio de Evaluación de Riesgos de Desastres (EVAR).
- c) Canalizar el cauce de la quebrada Las Palmeras y definir su curso.
- d) Instalar barreras de protección frente a la caída de rocas.
- e) Construir un sistema de muros de contención para mitigar los efectos de avalancha de detritos.
- f) Antes de realizar las obras de mitigación estructural en la zona, para ello debe realizarse los estudios especializados respectivos.
- g) Informar a la población sobre los peligros de los flujos de detritos, con la finalidad de mitigar sus efectos.



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>

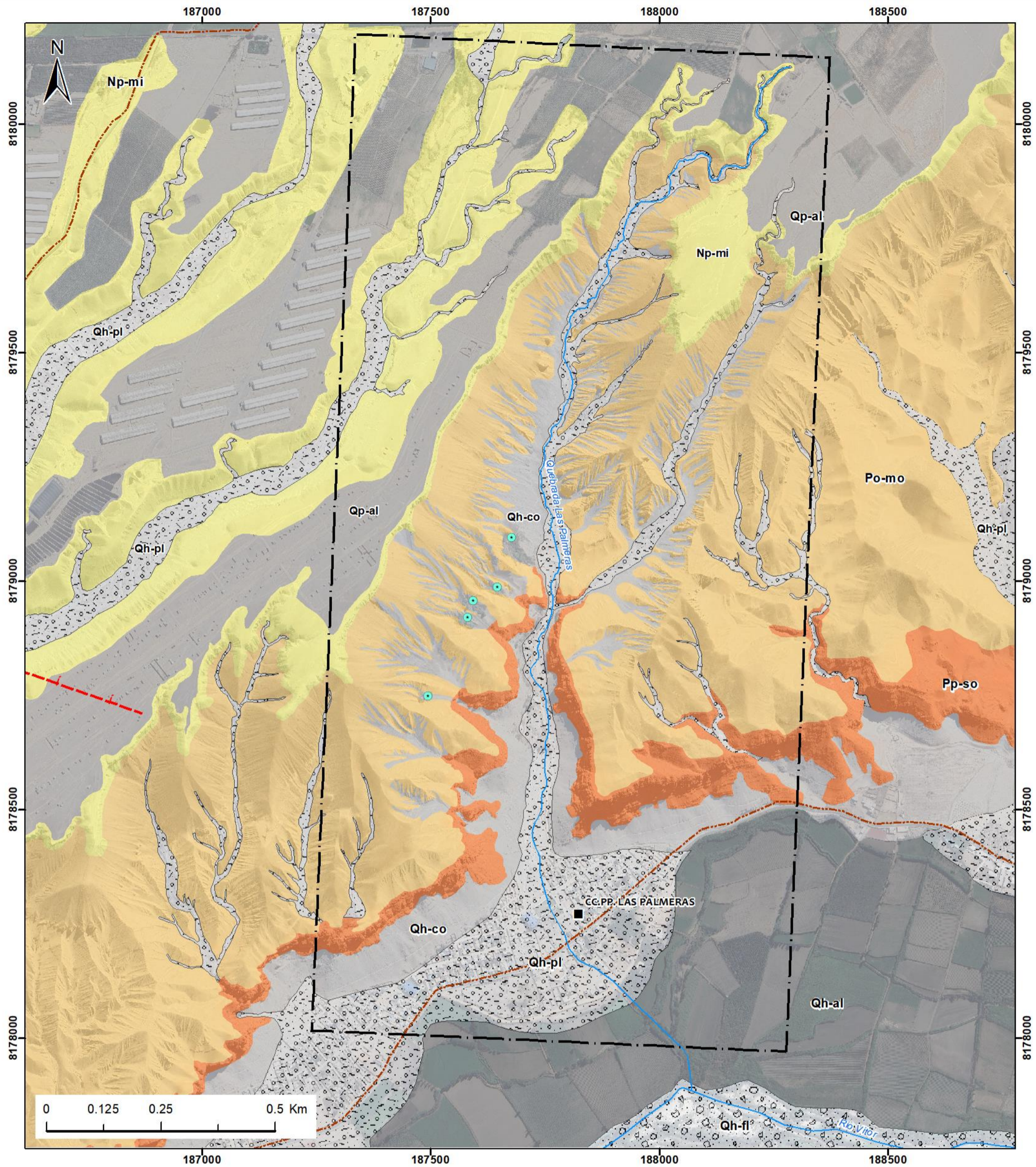
Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – *Catalogo de servicios y publicaciones 2023*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/apps/#p=17>

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 centro poblado Las Palmeras del mapa geológico del cuadrángulo de Arequipa (Hojas 33-s).
- Mapa N°2. Pendientes de los terrenos del centro poblado Las Palmeras
- Mapa N°3. Geomorfología del centro poblado Las Palmeras.
- Mapa N°4. Cartografiado de peligros geológicos del centro poblado Las Palmeras



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Las Palmeras
- Sector a evaluar - CC.PP. Las Palmeras
- Red vial vecinal
- Surgencia de agua (Manantes)
- Hidrología

Falla Caraveli - Sicera - Lluta - Vitor

Tipo de Falla

- Activa inversa

LEYENDA

Unidades Litoestratigráficas

- Qp-al, Depósito aluvial
- Qh-pl, Depósito proluvial
- Qh-co, Depósito coluvial
- Qh-fl, Depósito fluvial
- Qh-al, Depósito aluvial
- Np-mi, Formación Millo
- Po-mo, Formación Moquegua
- Pp-so, Formación Sotillo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

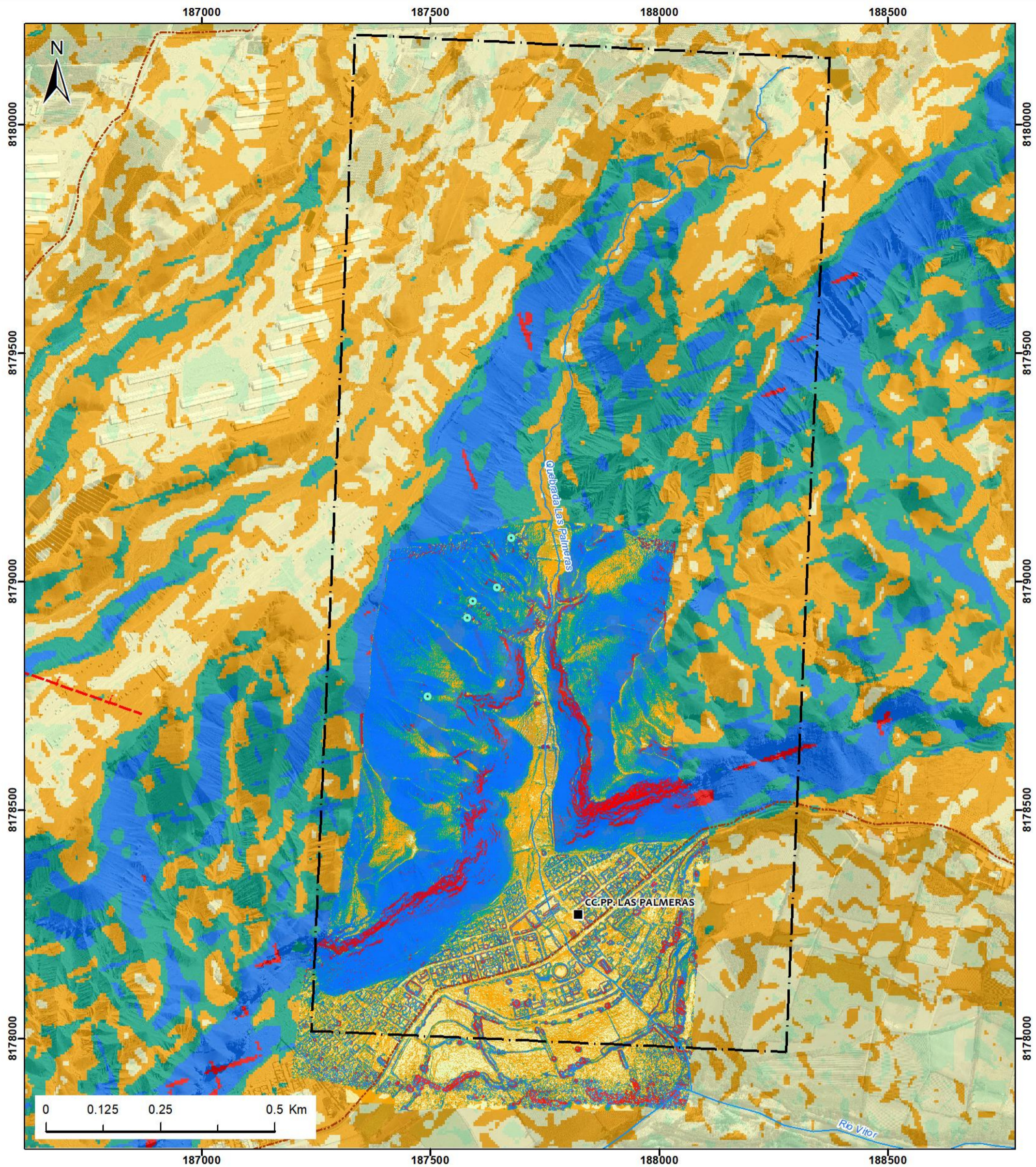
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito Vitor

GEOLOGIA DEL CENTRO POBLADO LAS PALMERAS

Escala: 1/8,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Las Palmeras
- Sector a evaluar - CC.PP. Las Palmeras
- Red vial vecinal
- Surgencia de agua (Manantes)
- Hidrología

Falla Caraveli - Sicera - Lluta - Vitor

Tipo de Falla

- Activa inversa

LEYENDA

Pendientes (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

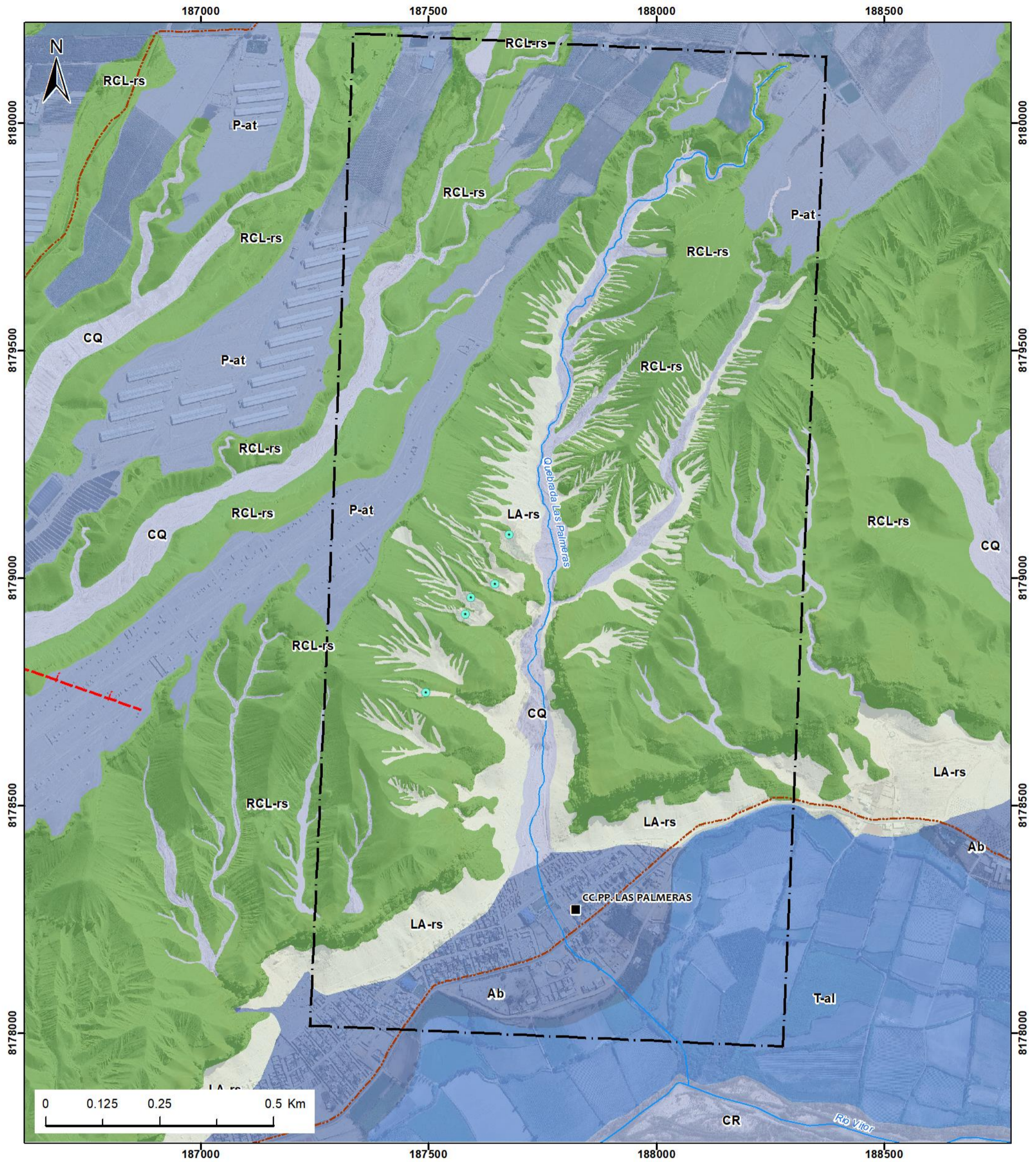
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito Vitor

**PENDIENTES DEL TERRENO DEL
CENTRO POBLADO LAS PALMERAS**

Escala: 1/8,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Las Palmeras
- Sector a evaluar - CC.PP. Las Palmeras
- Red vial vecinal
- Surgencia de agua (Manantes)
- Hidrología
- Falla Caraveli - Sicera - Lluta - Vitor**
- Tipo de Falla**
- Activa inversa

LEYENDA

Unidades Geomorfológicas

- CR, Cauce de Rio Vitor
- CQ, Cauce de quebrada
- LA-rs, Ladera en roca sedimentaria
- RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
- Ab, Abanico de piedemonte
- P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- T-al, Terraza aluvial



DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito Vitor

GEOMORFOLOGIA DEL CENTRO POBLADO LAS PALMERAS

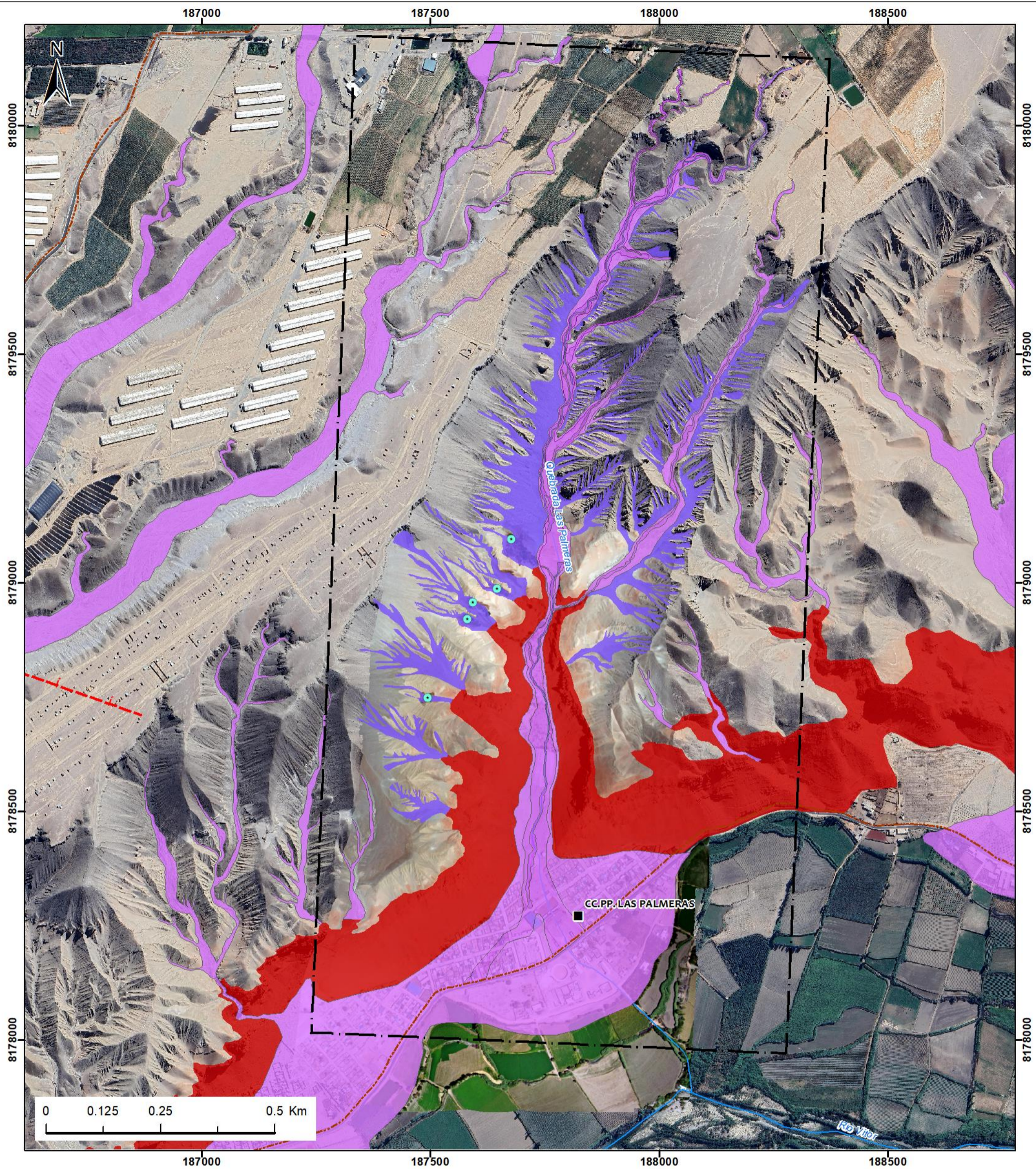
Escala: 1/8,000 Elaborado por: Ccorimanya Bety

Proyección: UTM Zona 19 Sur Datum: WGS 84

Versión digital 2023

MAPA

03



SIMBOLOGIA

- Área de evaluación - Las Palmeras
- Sector a evaluar - CC.PP. Las Palmeras
- Red vial vecinal
- Surgencia de agua (Manantes)
- Hidrología

Falla Caraveli - Sicera - Lluta - Vitor

Tipo de Falla

- Activa inversa

LEYENDA

Peligros Geológicos

- Caída de rocas
- Avalancha de detritos
- Flujo de detritos, Reciente 1
- Flujo de detritos, Reciente 2
- Flujo de detritos, Antiguo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Arequipa
 Distrito Vitor

CARTOGRAFIADO DE PELIGROS DEL CENTRO POBLADO LAS PALMERAS

Escala: 1/8,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA
Proyección: UTM Zona 19 Sur	Datum: WGS 84	04
Versión digital 2023		