

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Opinión Técnica N° 07-2022

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS SECTORES DE TAPACCERA, ARCAHUA, CALIFORNIA Y LOS ÁNGELES

Departamento Apurímac
Provincia Andahuaylas
Distrito Huancarama

Mayo
2022

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. UBICACIÓN	4
1.1. Antecedentes o trabajos anteriores	5
3. Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Hidrogeológicos	6
3.1. Aspectos Geológicos	6
3.2. Pendientes del terreno	9
3.3. Aspectos Geomorfológicos	10
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	10
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL.....	11
3.4. Aspectos Hidrogeológicos.....	13
4. Situación dinámica de las comunidades de Tappacera, Arcahua, California y Los Angeles	14
4.1. Evolución temporal de las áreas de estudio.....	14
4.2. Durante los trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera Kishuara - Sahuinto .	17
4.4. Estado actual de las zonas de estudio	18
5. CONCLUSIONES	30
6. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

OPINIÓN TÉCNICA

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS SECTORES DE TAPACCERA, ARCAHUA, CALIFORNIA Y LOS ÁNGELES

(distrito Huancarama, provincia Andahuaylas, departamento Apurímac)

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Provincial de Andahuaylas y del Gobierno Regional de Apurímac, según oficio N° 001-2022-JDNL-ODECI-GDUR/MPA y N° 167-2022-GR-APURIMAC/GR, es en el marco de nuestras competencias, que se designa a los ingenieros Gael Araujo y David Prudencio, realizar una evaluación de peligros geológicos en los sectores de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, llevados a cabo el 20 de febrero del presente; observándose agrietamientos y asentamientos en estructuras de viviendas precarias, durante el 2014 y 2015, debido al uso de maquinaria pesada, para la construcción de la carretera asfaltada Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII). A pesar de que estos daños fueron temporales y se atenuaron al culminar el proyecto vial; posteriormente se han venido presentando filtraciones en la pared de viviendas, que se encuentran por debajo de la superficie de la carretera asfaltada.

Además, se observan caídas de rocas debido al corte de talud y deslizamiento en el límite derecho (sector de California), condicionado por la saturación de suelos por ojos de agua; Si bien es cierto, estos procesos no afectaron a las viviendas, su continua emanación de aguas subterráneas acrecentadas en temporada de lluvia, ponen en riesgo la estructura de viviendas precarias y vida de sus habitantes.

Cabe mencionar, que las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles se asientan sobre depósitos aluviales inconsolidados, de tipo arcillo-arenoso, arcillo-gravoso, arcilloso y limo-gravoso; los cuales son de fácil remoción por acción hídrica, además de conformar acuíferos porosos no consolidados, que dan salida a ojos y flujos de agua que saturan los terrenos evaluados. De no ser controlada la saturación prolongada de suelos se puede dar lugar a peligros geológicos de tipo reptación en muchas áreas de los sectores evaluados.

La evaluación técnica se basó en etapas de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET, etapas de campo a través de la observación, toma de datos de campo (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de

información y testimonios de población local afectada, y la etapa final de gabinete a través de la elaboración de mapas/figuras temáticas y redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Provincial de Andahuaylals y Gobierno Regional de Apurímac, así como CENEPRED e INDECI 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.

2. UBICACIÓN

Las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, pertenecen al distrito de Huancarama, provincia de Andahuaylas y departamento de Apurímac, las cuales se encuentran asentadas a lo largo de la carretera asfaltada Dv Kishuara-Sahuinto (Tramo VII) (figura 1). Localizadas en las siguientes coordenadas, detalladas el cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas UTM WGS84, Zona 18S

N°	Comunidad	Este	Norte	Altitud (m s.n.m)
1	Tapaccera	709509	8488900	3185
2	San José de Arcahua	710392	8488642	3253
3	California	711942	8486840	3414
4	Los Ángeles	712775	8486555	3423

El acceso a la zona de estudio, se realiza desde la ciudad de Cusco, por vía terrestre, mediante la carretera 3S con ruta: Cusco - Abancay – C. Los Ángeles, California, San José de Arcahua y Tapaccera, en un tiempo aproximado de 5 h y 41 min (cuadro 2).

Cuadro 2. Rutas de acceso a la zona de estudio

Ruta	Km	Tipo de vía	Tiempo
Cusco - Abancay	193	Asfaltada	4h y 25 min
Abancay – Los Ángeles	53 km	Asfaltada	1h 8 min
Los Ángeles – California	1.9	Asfaltada	3 min
California - San José de Arcahua	2.9	Asfaltada-	4 min
San José de Arcahua - Tapaccera	1.2	Asfaltad	1 min

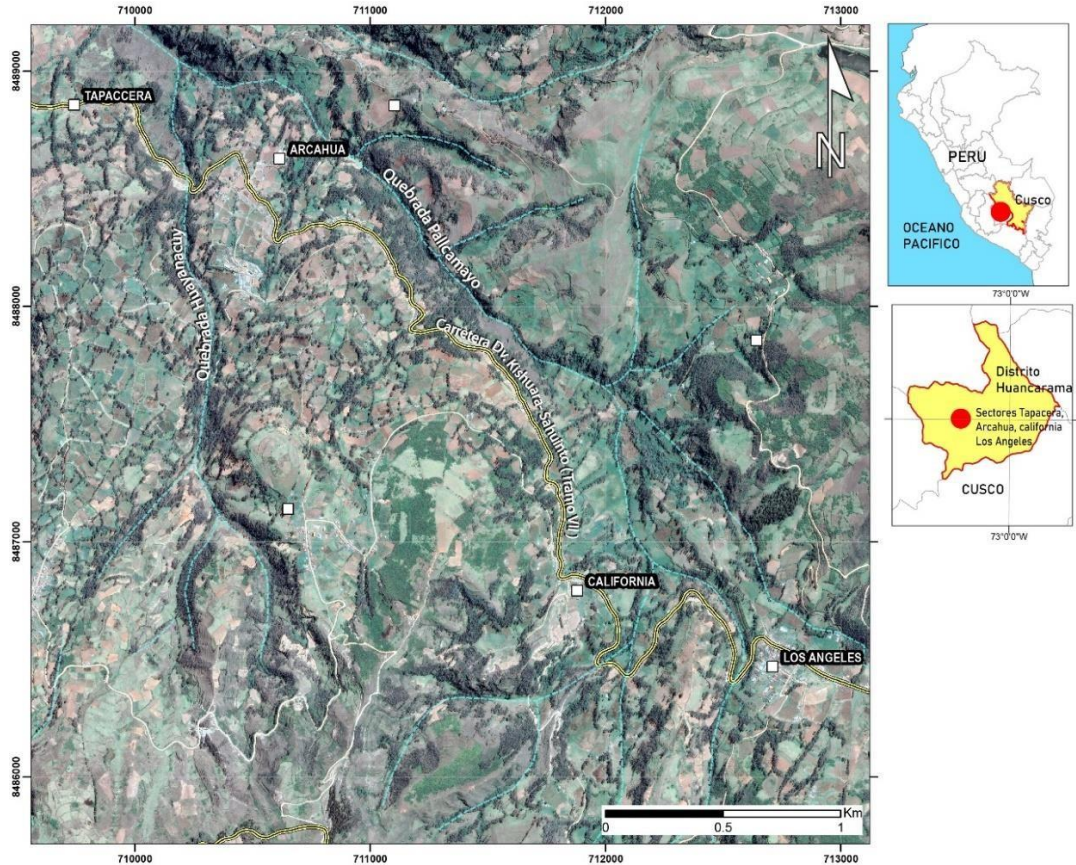


Figura 1. Ubicación de las comunidades de Los Ángeles, California, San José de Arcahua y Tapaccera.

1.1. Antecedentes o trabajos anteriores

El Ingemmet ha realizado diversos trabajos en la zona de estudio, los cuales se detallan a continuación:

- A) En el boletín C-028, serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica: Estudio de riesgos geológicos del Perú – Franja N°3 (Guzmán et al., 2003) muestra la descripción de principales peligros geológicos históricos y cartografiados, además de mapas de zonificación de susceptibilidad, riesgo y áreas críticas que abarcan territorios de los departamentos de Lima, Ica, Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Cusco, Puno y Madre de Dios.

- Notándose que las comunidades de Tapaccera, San José de Arcahua, California y Los Ángeles, de la provincia de Andahuaylas y departamento Apurímac no presentan un registro de peligros geológicos históricos, ni cartografiados, en el boletín C-028; para lo cual el presente informe actualizaría y complementarí dicha información.

- B) Los informes Técnicos N° A6594 y N° A6624: Primer y Segundo reporte de zonas críticas por Peligros Geológicos y Geo-hidrológicos en la región

Apurímac (Villacorta et al., 2003) muestra mapas de susceptibilidad por movimientos en masa y zonas críticas en la región Apurímac.

- De donde se nota que la comunidad de Tappacera, presenta un nivel de susceptibilidad alto, mientras que las comunidades de San José de Arcahua, California y Los Ángeles un nivel de susceptibilidad medio a bajo.

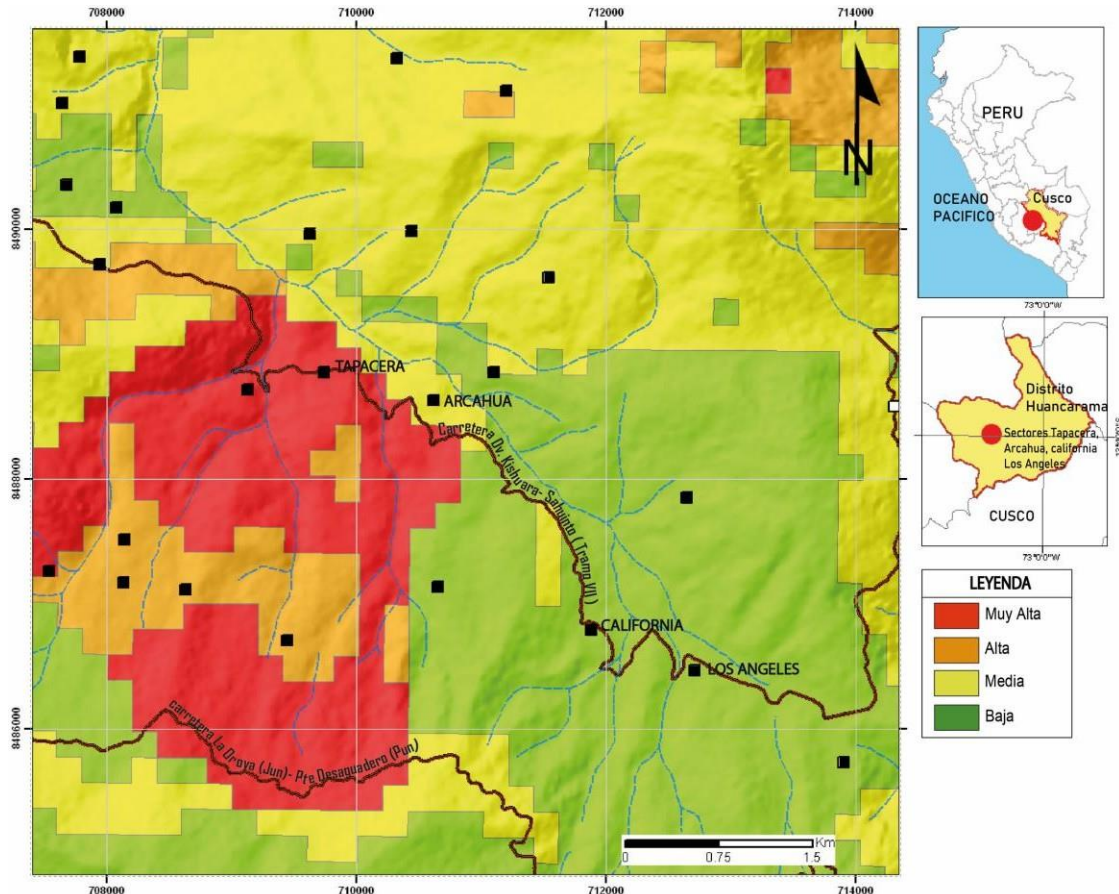


Figura 2. Susceptibilidad a movimientos en masa en los centros poblados de Tapacera, Arcahua, California y Los Ángeles.

- También señalan que dichas zonas de estudio (Tapacera, San José de Arcahua, California y Los Ángeles) no registran zonas críticas descritas en estos informes.

3. Aspectos Geológicos, Geomorfológicos e Hidrogeológicos

3.1. Aspectos Geológicos

El boletín N° 27, serie A Carta Geológica Nacional: Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas (Marocco, 1975). Y el mapa geológico actualizado del cuadrángulo de Andahuaylas 28p (Lipa et al. 2003), cartografía y describe unidades litoestratigráficas de substrato rocoso intrusivo y sedimentarios y depósitos cuaternarios aluviales

- Rocas Intrusivas: Unidad Ocobamba_Plutón Anchaca (PN-O/A-cdi): Afloramientos de este Plutón abarcan gran extensión dentro de la hoja de Andahuaylas (Lipa et al. 2003), y afloran en las localidades de Kishuara, San José de Arcahua, Los Ángeles, California, entre otras localidades. Se encuentran intruyendo a la formación de Huallhuani (Valdivia & Latorre, 2003). Litológicamente está formado por cuarzodiorita granular con minerales de plagioclasas y cuarzos, también presentan como alteraciones cloritización y epidotización (Valdivia & Latorre, 2003).
- Formación Labra (Js-l): Se le asigna una edad Jurásico superior por su posición estratigráfica. Con aproximadamente 200 m de cuarzoarenitas gris blanquecinas con tonos verde amarillentos, alternadas por niveles lutáceos (Lipa et al. 2003) (fotografía 1). Esta formación se encuentra a los alrededores (fuera y frente)a la zona de estudio.



Fotografía 1. Cuarzoarenitas con tonos amarillentos con niveles lutáceos de la formación Labra. Ubicado seca al sector de Tapaccera

- Formación Hualhuani (Ki-hu):Esta formación es de edad Cretácico inferior, comprende aproximadamente de 100 a 200 m de cuarcitas blancas con laminación oblicua y paralela, areniscas cuarzosas de grano

fino a medio (fotografía 2), eventualmente presentan horizontes lutáceos (fotografía 1). Sus mejores exposiciones han sido reconocidas al SO de la hoja de Andahuaylas (Lipa et al. 2003). Una parte del sector de Tappacerra se asienta sobre esta formación (figura 3).



Fotografía 2. Bancos estratificados de areniscas cuarzosas de la formación Hualhuani

- Depósito Aluvial (Q-al): Consisten en depósitos de bloques de rocas sedimentarias e intrusivas subangulosas a subredondeados, envueltos en una matriz gravosa, arenosa y/o limo-arcillosa (fotografía 3), depositadas en quebradas, ríos y otros sistemas de drenaje. Las comunidades de Tappacera, San José de Arcahua, California y los Ángeles corresponden a depósitos aluviales, conformados por quebradas principales y secundarias y laderas de los valles, formando terrazas y conos aluviales (figura 3).



Fotografía 3. Bloques sedimentarios e intrusivos subangulares envueltos en una matriz limo-arcillosa

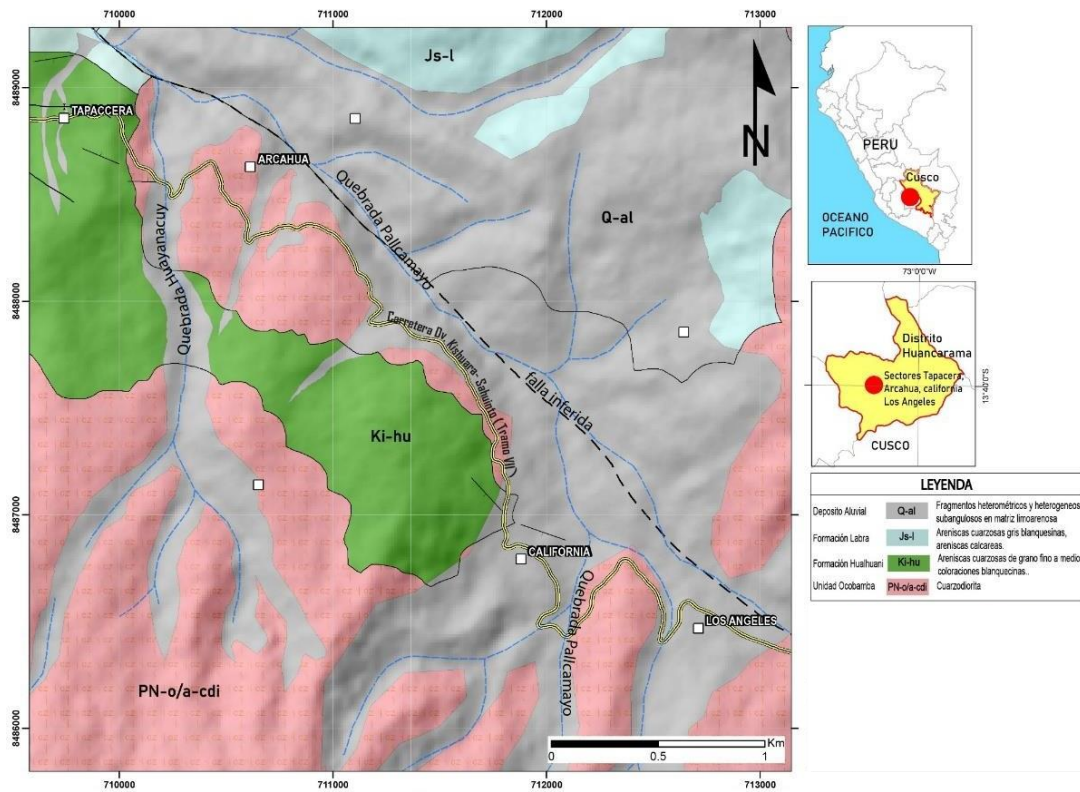


Figura 3. Geología de los sectores de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles en el distrito de Huancarama.

3.2. Pendientes del terreno

Las pendientes generadas a través del modelo de elevación digital de 'Alaska Satellite Facility' con una resolución de 12.5 m y la clasificación de rangos establecida en la ficha de inventario del INGEMMET, muestra que las comunidades de Tapaccera, San José de Arcahua, California y Los Ángeles, presentan terrenos con pendientes que varían de baja (1° a 5°) a media inclinación (5° a 15°), y en cuyos alrededores se presentan laderas y quebradas que pueden alcanzar pendientes fuertes (15° a 25°) a muy fuerte inclinación (25° a 45°), el cual indica el grado de susceptibilidad de los terrenos a movimientos en masa (cuadro 3 y figura 4).

Cuadro 3. Descripción de la inclinación de pendientes

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
Baja (1° a 5°)	Áreas poco susceptibles a la activación de movimientos en masa, pendientes de inclinación suave que son afectadas o cortadas por eventos que se generan en zonas más altas o de pendiente (fuerte a abrupta), generalmente flujos de detritos que depositan los materiales que acarrearán en estas zonas planas, formando abanicos. Las viviendas ubicadas en el lado derecho de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII) de las comunidades de California y Los Ángeles se asientan sobre pendientes de baja inclinación.
Media (5° a 15°)	Conforman relieves inclinados, sus laderas presentan una susceptibilidad media a los movimientos en masa. Las viviendas de las comunidades de Tapaccera, San José de Arcahua; y lado izquierdo de la

	carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII) de la comunidad de Los Ángeles se asientan sobre pendientes de mediana inclinación.
Fuerte (15° a 25°)	Conforman relieves inclinados, se les considera altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa. Se observa pendientes de inclinación fuerte en el lado izquierdo de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII) de la comunidad de California. Y en todas las laderas alledañas a las comunidades de Tapaccera, San José de Arcahua, California y Los Ángeles.
Muy Fuerte (25° a 45°)	Caracterizado por presentar muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa. Se observa pendientes de fuerte inclinación a ambos flancos de quebradas, en los alrededores de las comunidades de Tapaccera, San José de Arcahua, California y Los Ángeles.

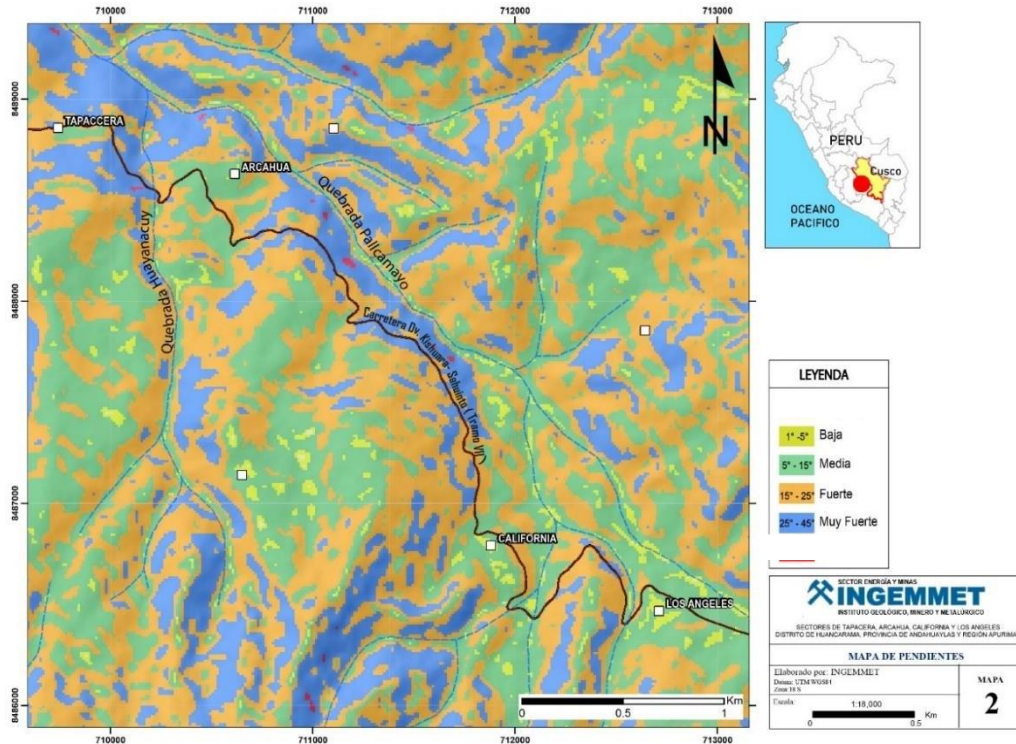


Figura 4. Pendientes en los sectores de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles en el distrito de Huancarama.

3.3. Aspectos Geomorfológicos

El mapa geomorfológico a escala 1:50 000 del INGEMMET y la fotointerpretación de imágenes satelitales, clasifica regionalmente el área de estudio en geofomas de carácter tectónico degradacional y erosional (montañas en roca intrusiva y sedimentaria) y geofomas de carácter deposicional (vertiente aluvial) (figura 5).

3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por geofomas montañosas con pendientes pronunciadas. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geofomas de carácter deposicional, por transporte arrastre y acumulación de sedimentos.

- Montaña en roca intrusiva (RM-ri): Esta subunidad está conformada por montañas con laderas y crestas de topografía abrupta, en las Cordilleras Occidental y Oriental de los Andes, con elevaciones que alcanzan los 6100 m s. n. m. Los cuerpos ígneos intrusivos que afloran en la región Cusco se disponen como stocks y batolitos, de formas irregulares, alargadas a subredondeadas, que siguen una dirección sureste-noroeste en la Cordillera Oriental, dirección que es cambiada hacia el oeste en la deflexión Abancay. Se encuentran constituidos por la Unidad Ocobamba, con rocas por rocas intrusivas cuarzodiaoritas. Estos se meteorizan y forman suelos arenosos y arcillosos. Esta unidad es disectada por ríos y quebradas que se abren camino hacia la Amazonia y esculpen vertientes de topografía bastante abrupta con pendientes muy fuertes a escarpadas (25-45°) (Vilchez, 2020).
- Montaña en roca sedimentaria (RM-rs): Dentro de esta subunidad geomorfológica se encuentran las elevaciones de terreno que hacen parte de las cordilleras. Han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia, escorrentía y el agua de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad (Vilchez, 2020). La región Apurímac corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias de tipo areniscas cuarzosas, areniscas calcáreas de Jurásico (formaciones Labra) y Cretácico (formaciones Huallhuani).



Fotografía 4. Vista de geoformas de montaña en roca sedimentaria

3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por relieves formados por depósito o acumulación de sedimentos en piedemontes o vertientes.

- Vertiente Aluvial (V-al): Conforman planicies inclinadas a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Están formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral del curso de los ríos o quebradas que los originan. La pendiente de estos depósitos es de suave a moderada (1-15°). Sobre estos abanicos se pueden depositar también materiales provenientes de flujos torrenciales, comúnmente conocidos como huaicos.



Fotografía 5. Vista a la parte baja del sector de Tappacera, clasificado como vertiente aluvial.

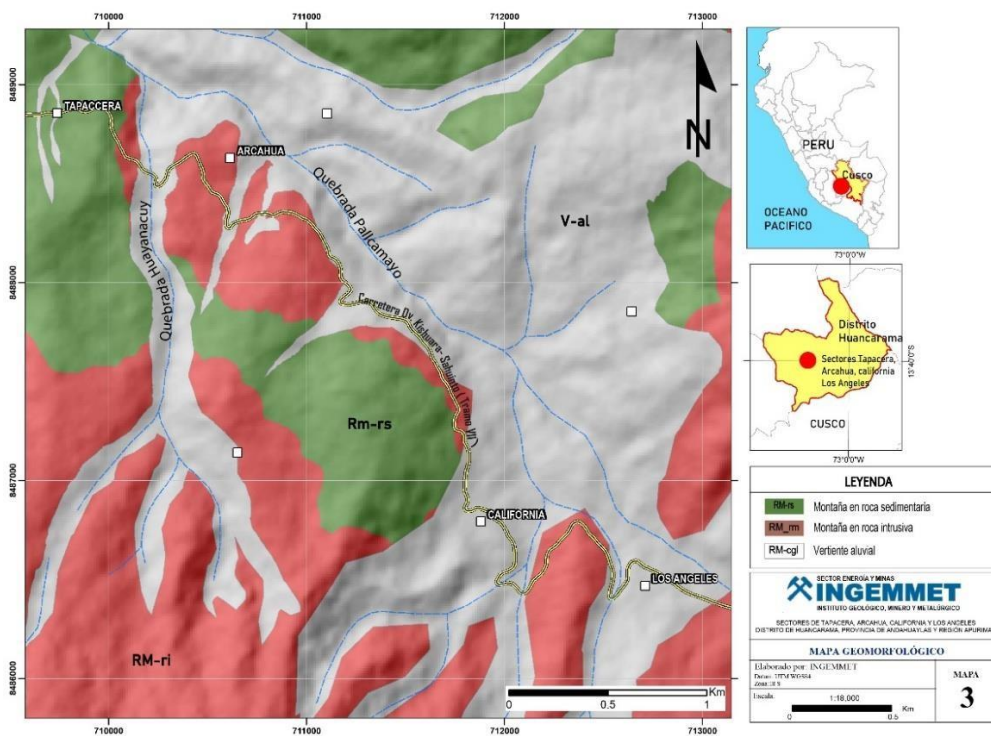


Figura 5. Geomorfología de los sectores de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, en el distrito de Huancarama.

3.4. Aspectos Hidrogeológicos

El cartografiado de unidades hidrológico del INGEMMET, clasifica la zonas de estudio en acuitardo intrusivo (ATI) de la Unidad Ocobamba, acuífero fisurado sedimentario de las formaciones Labra y Hualhuani; Y acuífero poroso no consolidado alto de los depósitos aluviales. Se observa la presencia de cascadas, ojos de agua y filtraciones, en depósitos aluviales y cerca al contacto de formaciones geológicas Hualhuani – Unidad Ocobamba (figura 6).

- Acuitardo Intrusivo (ATI): Formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad muy baja), en la zona de estudio se distingue la Unidad Ocobamba como un acuitardo intrusivo. sin agua subterránea con cantidad apreciable, sin embargo presenta la presencia de fisuras o fracturas pueden dar lugar a permeabilidad secundaria. En las zonas de estudio se distingue la Unidad Ocobamba como un acuitardo intrusivo.
- Acuífero fisurado sedimentario (AFS): Acuíferos locales o discontinuos productivos, o acuíferos extensos pero solo moderadamente productivos (permeabilidad media).(No excluye la existencia en profundidad de otros acuíferos cautivos y más productivos) (INGEMMET, 2010). Constituyen areniscas y conglomerados. Las Formación Labra (Js-l) y Hualhuani (Ki-hu) son acuíferos fisurados sedimentarios.
- Acuífero poroso No Consolidado Alta (APNCa): Acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada (permeabilidad elevada), formaciones detriticas permeables en general no consolidadas aluviales (INGEMMET, 2010).

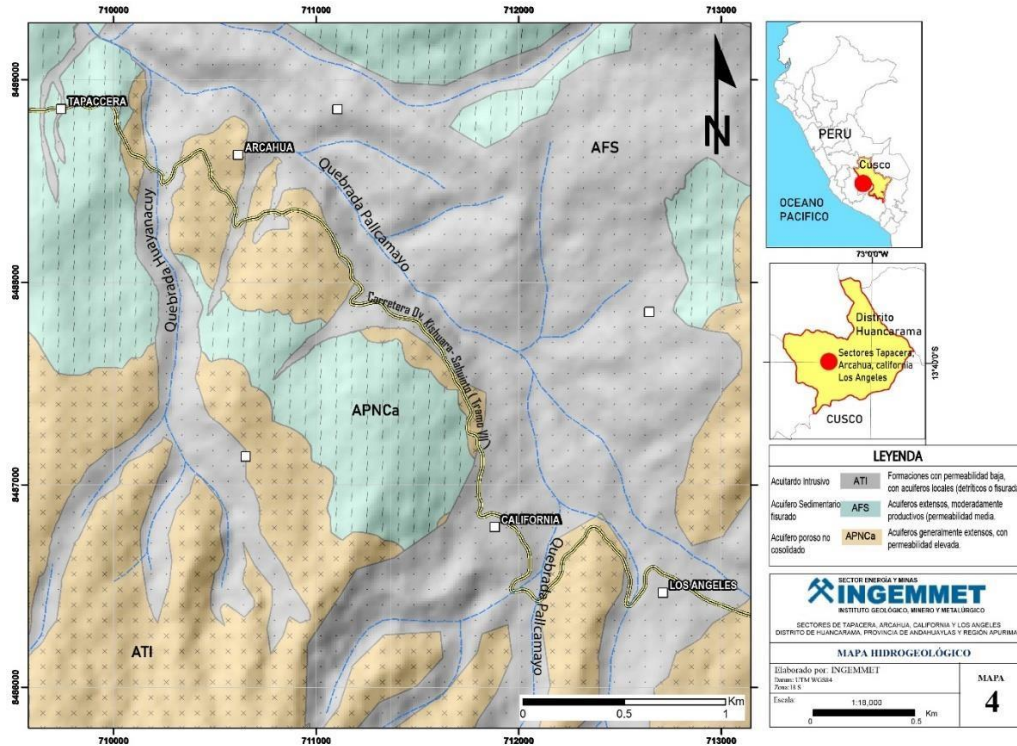


Figura 6. Geomorfología de los sectores de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, en el distrito de Huancarama.

4. Situación geodinámica de las comunidades de Tappacera, Arcahua, California y Los Ángeles

4.1. Evolución temporal y evidencias visuales geodinámica y otros peligros geológicos a lo largo de la vía que conecta los cuatro sectores

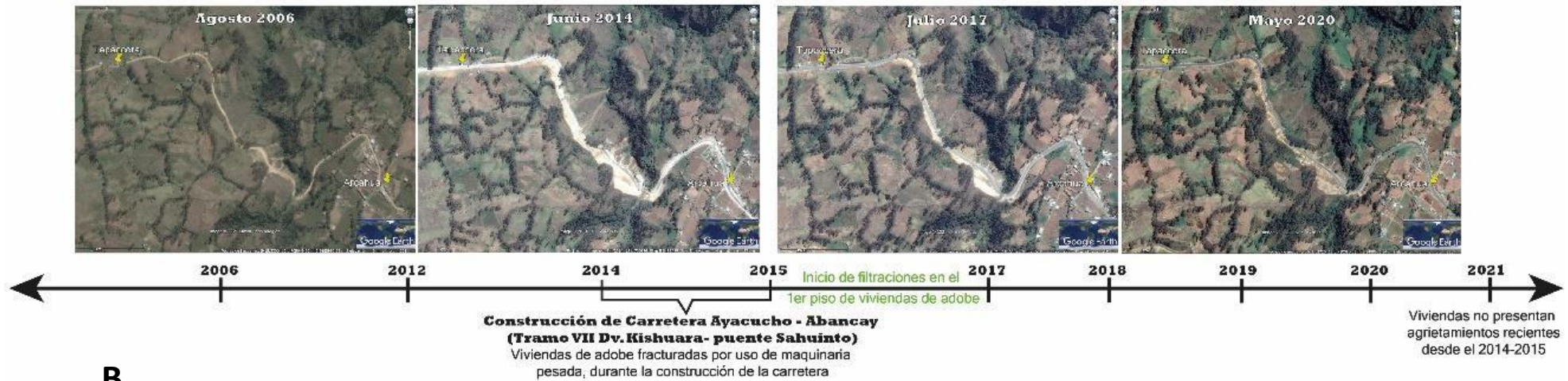
Las imágenes satelitales desde agosto de 2006 a mayo de 2020 muestran la evolución temporal y cambios en el terreno generados en la vía (indicar la cantidad de metros) que conectan las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles (figura 7).

- Desde agosto de 2006 al 2013 la trocha que conectaba las comunidades antes mencionadas, tenía un ancho de 5 m a 6.5 m . Mientras que las viviendas de adobe ubicadas a ambos flancos de la vía, no presentaban ningún problema de filtraciones, al estar sus cimientos ubicados al mismo nivel que la superficie de la trocha.
- Ya en junio del 2014, se muestra ampliaciones en el ancho de la vía, durante la construcción de la carretera Dv Kishuara-puente Sahuinto (tramo VII); esto según los pobladores durante la construcción de la carretera, la empresa constructora realizó cambios ligeros en el trazo de carretera, además del incremento de altura para la compactación de la carretera, dejando el primer piso de algunas viviendas de adobe por debajo del nivel de la superficie de carretera asfaltada. Los pobladores en su momento indican que no contaba con un sistema de drenaje subterráneo, a pesar de que toda la zona de estudio presenta numerosas

emanaciones de agua que saturan el suelo a lo largo de los sectores evaluados. Así mismo, el corte de talud para la ampliación o apertura de carreteras, trajo consigo la activación de caída de rocas y derrumbes en el flanco derecho de la carretera.

- La imagen satelital de julio de 2017 hasta la actualidad muestra la carretera asfaltada con un ancho de 7.5 m a 9 m, y la localización de viviendas de material precario(adobe y barro) en el flanco izquierdo de la carretera con ruta Dv Kishuara-puente Sahuinto; sobre la cual se presentaron además caída de rocas y derrumbes en el flanco derecho del corte de talud. Para el 20 de febrero del 2022, durante la visita de campo a los sectores de Tapacera, Arcahua, California y Los Ángeles, se observan filtraciones en la pared de viviendas de adobe ubicadas por debajo del nivel de la superficie de carretera asfaltada; las cuales, según versión de pobladores, las filtraciones empezaron después de la culminación de la construcción de la carretera, surgiendo en temporada de lluvia hasta causar inundación en el primer nivel de viviendas y debilitamiento de su estructura (adobe).

A



B



Figura 7. Evolución temporal de los sectores evaluados. A. sectores de Tapaccera y Arcahua. B. Sectores de California y Los Ángeles.

4.2. Situación durante los trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera Kishuara - Sahuinto

Durante el 2014 y 2015, los trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera 'Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII), activaron derrumbes propios del corte de talud, además de agrietamientos (1 metro de longitud; aperturas mayores a 10 cm) y asentamiento de viviendas de adobe de las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, condicionadas por el uso de maquinaria pesada sobre depósitos aluviales no consolidados. Después de la culminación de dicho proyecto, no se ha vuelto a generar agrietamientos y/o aperturas nuevas en las viviendas. Sin embargo, se observa la presencia de filtración que socaba y humedece las paredes de adobe del primer piso (ubicadas por debajo de la construcción de la superficie de carretera), llegando a inundar en algunos casos viviendas de las comunidades de Tapaccera, Arcahua, Los Ángeles y California.

Según el testimonio de los pobladores, la carretera **Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII)** fue levantada aproximadamente 2 m, dejando muchas viviendas de dos pisos con sótanos (1er piso de viviendas por debajo del nivel de la superficie de la carretera). Los pobladores no observaron la colocación de drenajes subterráneos.

4.3. Descripción histórica, satelital y visual de la comunidad de Tapaccera, Arcahua, California y Los Angeles.

En los sectores evaluados se observa la presencia de cascadas, salida de ojos de agua, filtraciones y saturación del suelo en temporada de lluvia (diciembre a abril), sobre una pendiente de media a fuerte inclinación, esto conlleva a la reactivación de deslizamientos al límite derecho de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII), en algunos sectores. De igual manera, aparece filtraciones en las paredes de las viviendas de adobe.

4.4. Estado actual de las zonas de estudio

Comunidad de Tappacera:

En la comunidad de Tapaccera gran parte de viviendas, ubicadas en el flanco izquierdo de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (tramo VII), fueron inhabitadas después de la construcción de la carretera, debido a los daños generados en su estructura y emanaciones de agua saturaron los suelos en temporada de lluvia, durante y después de la construcción de la carretera respectivamente (figura 7 y fotografía 6).

Los flujos de agua discurren a favor de la pendiente (E-W), debido a salida de ojos de agua en temporada de lluvia, generando zonas de saturación alta (figura 6), algunas de las cuales son captadas por las cunetas de escorrentía (figura 7 y 8)

Se realizaron aperturas de zanjas de una profundidad de 1.5 m, entre las viviendas de adobe y la carretera antigua, a fin de encauzar precariamente el agua subterránea. Notándose que un poste de la red de energía que abastece a la comunidad de Tapaccera, ubicado a solo 30 cm de la zanja, está susceptible a caer sobre la vivienda inhabitada (casa 1 de la figura 7 y fotografía 6).

Se observa la presencia de un baden de escorrentía colmatado de material arcilloso (fotografía 8), por donde discurre aguas pendiente abajo, sobre material inconsolidado, generando saturación y erosión del suelo (figura 7).

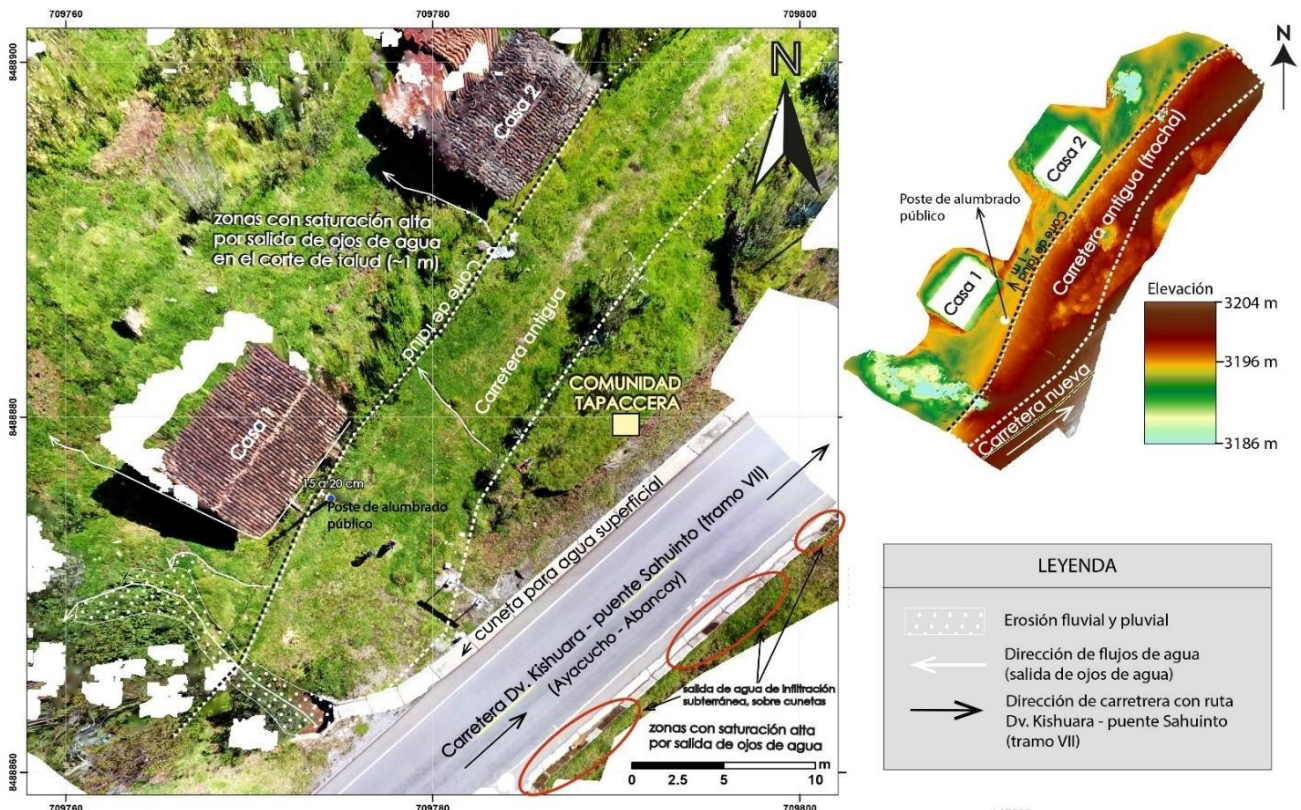


Figura 7. Sector de Tapaccera

Las viviendas del sector de Tapaccera se encuentran a ambos márgenes de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (tramo VII), sobre una vertiente aluvial y montañas en

roca sedimentaria aledañas al sector, cuya pendiente es de fuerte inclinación (15° a 25°) (figura 7).



Figura 8. Dinámica del sector de Tappacera, A. Disposición geomorfológica del sector de Tapaccera



Fotografía 6. Zanjas de encausamiento precario de aguas de infiltración provenientes de la parte alta. Y vista del poste de la red de energía de la comunidad de Tappacera, a 30 cm de la zanja.



Fotografía 7. Vista del baden de escorrentía, colmatado de material arcilloso

Comunidad de Arcahua:

La comunidad de Arcahua se ubica sobre una pendiente de media inclinación (5° a 15°) (fotografía 8), sobre la cual se siembran cultivos de choclo en el límite derecho de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (tramo VII) (fotografía 8), con viviendas de material precario localizadas al límite y entre 0.2 a 2 m por debajo del nivel de superficie de la carretera construida entre 2014 a 2015 (viviendas del límite izquierdo de la carretera). Además se generaron agrietamientos de 50 cm y aperturas de 2 cm, en casi 60 viviendas de la comunidad de Tappacera (figura 9). Desde entonces no se detectó agrietamientos nuevos, y/o filtraciones en viviendas ubicadas al nivel de la superficie de la (fotografía 8).

Las viviendas encontradas casi al nivel de la carretera presentan poca filtración y/o salida de ojos de agua, controladas a través del encausamiento precario, a fin de direccionar sus aguas fuera de la estructura de sus viviendas (fotografía 10). Pero las viviendas que se encuentran por debajo del nivel de la superficie de la carretera (~ 2 m) (fotografía 11), han presentado de filtraciones en la pared de sus viviendas en temporada de lluvia, llegando muchas veces a inundarlas (fotografía 12)



Fotografía 8. Terrenos de cultivo en el límite derecho de la carretera y viviendas precarias en el límite izquierdo de la carretera, gran parte de las viviendas ubicadas en el límite derecho y encontradas debajo del nivel de la superficie de la carretera presenta problemas de filtración y salida de ojos de agua, al estar dispuestas en la parte baja de una pendiente de media inclinación (5° a 15°). Las viviendas precarias observadas no presentan problemas de filtración y/o salida de agua.



Fotografía 9. Vista de agrietamientos y aperturas generadas durante la construcción de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (tramo VII), en las viviendas de adobe de la comunidad de Tapaccera.



Fotografía 10. Las viviendas encontradas casi al nivel de la carretera, controlan la salida de agua con encausamiento precario. Sin embargo muchas veces la falta de limpieza colmata el cauce con material limo-arcilloso



Fotografía 11. Vivienda precaria con estructura en subsuelo 'sótano', es afectada por aguas de escorrentía por la falta de cunetas en ese tramo.



Fotografía 12. Vista del 'sótano' cuya pared presenta filtración de agua que llega a inundar el piso del mismo.

Comunidad de California:

En la comunidad de California, la salida de ojos de agua en el material no consolidado (depósitos aluviales), ha dado lugar a la saturación del suelo (fotografía 13) y la reactivación de un deslizamiento de 8 metros de largo por 4 metros de alto (fotografía 14), flanco derecho de la carretera Kishuara - Sahuinto (ver fotografía 15), en temporada de lluvia (meses de noviembre a marzo).



Fotografía 13. Saturación intensa del suelo por salida de ojos de agua



Fotografía 14. Activación de un deslizamiento rotación, por saturación intensa del suelo



Fotografía 15. Deslizamiento activo ubicado en el flanco derecho de la carretera Kishuara - Sahuinto

Comunidad de Los Ángeles:

En la comunidad de Los Ángeles, la salida de ojos de agua en el material no consolidado (depósitos aluviales) , en temporada de lluvia (meses de noviembre a marzo), ha dado lugar a flujos de agua que discurren entre las viviendas (fotografía 16), y sobre las calles (parte Alta a 3420 m) y límite derecho de la carretera Kishuara – Sahuinto (fotografía 17 y figura 8



Fotografía 16. Salida de Ojos de agua, en el corte de talud de viviendas en la parte alta de la comunidad de Los Ángeles



Fotografía 17. Flujos de agua sobre las calles de la comunidad de Los Ángeles

Además de filtraciones de agua hacia las viviendas y saturación del suelo de uso agrícola y ganadero en el límite izquierdo de la carretera (parte baja a 3410 m) (figura 9 y fotografía 18).

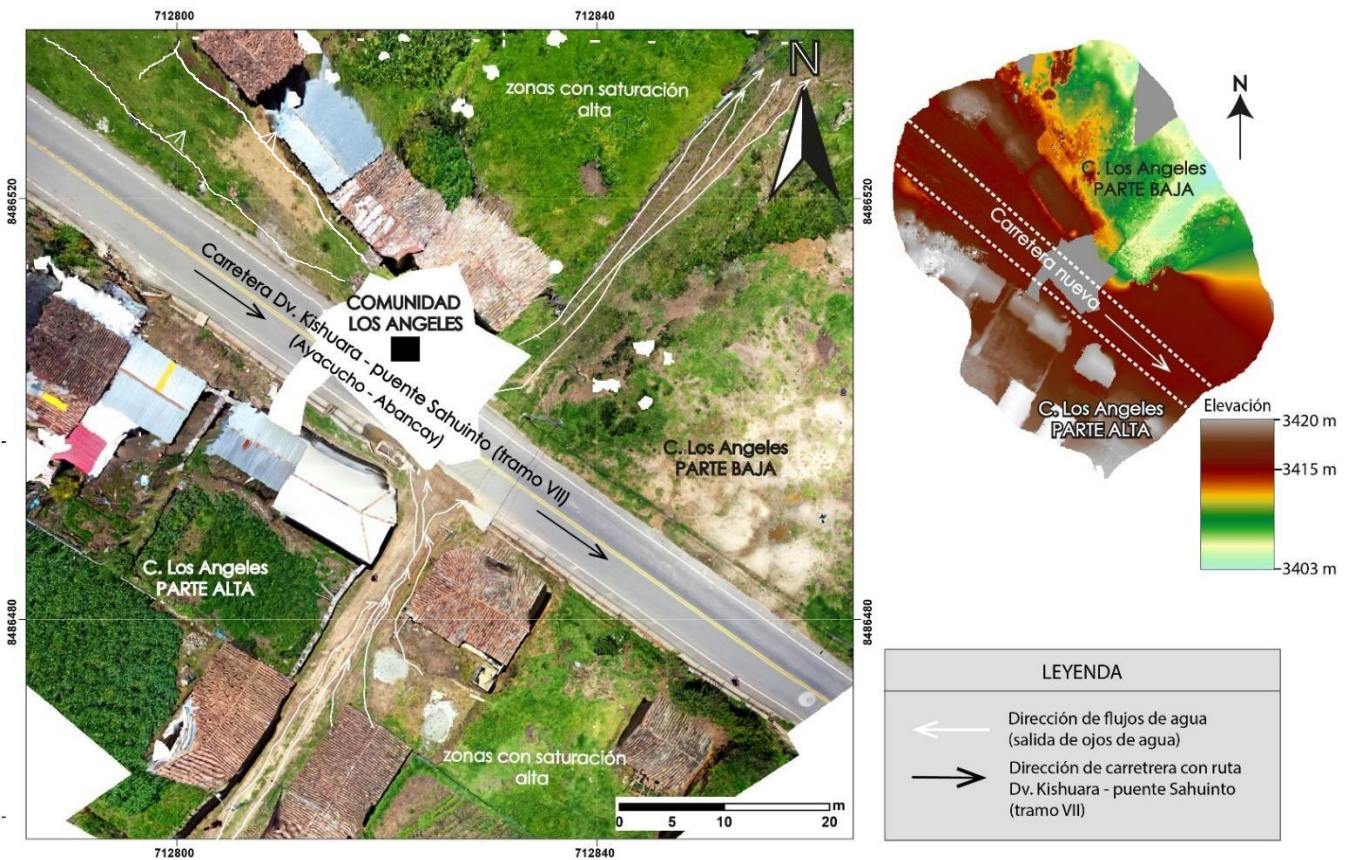


Figura 9. Flujos de agua sobre las calles de la comunidad de Los Ángeles



Fotografía 18. Flujos de agua y filtración de agua en las viviendas de la comunidad de Los Ángeles (parte baja)

4.1 Análisis

- a) Las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles se asientan sobre depósitos aluviales inconsolidados, de tipo arcillo-arenoso, arcillo-gravoso, arcilloso y limo-gravoso. Estos depósitos son de fácil remoción por acción hídrica.
- b) De acuerdo a la caracterización hidrogeológica (INGEMMET) , las rocas intrusivas de Ocobamba, se comportan como acuitardos intrusivos, mientras que las rocas sedimentarias de la formación Hualhuani y Labra, y los depósitos aluviales como acuíferos fisurados y porosos no consolidados respectivamente; todos ellos presentan un comportamiento de retención y transmisión de aguas a la superficie , lo que conforman y generan terrenos saturados en toda las zonas de estudio
- c) Los peligros geológicos identificados tanto en las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles (ambos límites de la carretera Kishuara - Sahuinto (tramo VII)), sonderrumbes generados en el corte de talud durante la construcción de la carretera entre 2014 – 2015, y deslizamiento en la comunidad de California debido a la saturación del suelo por la salida de ojos de agua. Si bien es cierto estos peligros no afectan directamente a las viviendas de los centros poblados a la actualidad, los derrumbes y deslizamiento pueden cubrir el trazo de carretera y la saturación prolongada de algunos sectores puede generar peligros geológicos por reptación a futuro.

- d) Los suelos arcillosos y limo - arcillosos que conforman los depósitos aluviales, están saturados por las precipitaciones pluviales y las aguas subterráneas que salen como ojos de agua a lo largo de ladera de inclinación media a fuerte, generando infiltración en la pared de las viviendas ubicadas por debajo del nivel de la superficie de la carretera construida en el 2014-2015, así como flujos de agua que discurren a lo largo de pendientes empinadas, erosionando y saturando el suelo, en temporada de lluvia (diciembre a abril). De no controlar la saturación intensa del suelo, se puede generar zonas de reptación en los sectores evaluados.
- e) El uso de maquinaria pesada durante los trabajos de construcción de la carretera Kishuara - Sahuinto (tramo VII), dieron lugar a agrietamientos y asentamientos en viviendas de adobe de las comunidades de Tappacera, Arcahua, California y Los Ángeles, en el 2014 – 2015. Después de la culminación del proyecto no se generaron nuevos agrietamientos en las viviendas hasta la actualidad; sin embargo el paso de vehículos de carga pesada por la carretera construida, genera vibración del suelo, y una consecuente alarma en algunos pobladores de las zonas de estudio.
- f) En relación a la susceptibilidad por movimientos en masa (Vilchez *et al.*, 2019), definida como la propensión de los terrenos a ser afectados por movimientos en masa, debido a sus condiciones intrínsecas (condiciones de sitio propias del terreno), las área de estudio, principalmente las laderas en la parte alta y baja de donde se asientan las comunidades de Tappacera y Arcahua son de baja a muy alta susceptibilidad, mientras que las laderas en la parte alta y baja de las comunidades de California y Los Ángeles son de muy alta susceptibilidad (figura 2) debido a:
- La naturaleza litológica del substrato rocoso (base de los suelos) en los alrededores de la comunidad de Tapaccera, compuestas por secuencias sedimentarias de cuarcitas intercaladas con lutitas de la formación Labra y Hualhuani. En los alrededores de la comunidad Arcahua, se presentan rocas intrusivos cuarzodioritas de la Unidad Ocobamba y lutitas de la formación Labra. Finalmente en los alrededores de las comunidades de California y Los Ángeles son netamente intrusivos de la Unidad Ocobamba. Es importante mencionar que sobre este substrato sobreyacen depósitos aluviales inconsolidados, de tipo arcillo-arenoso, arcillo-gravoso, arcilloso y limo-gravoso, sobre los que se asientan los centros poblados y forman parte de las quebradas que disectan los sectores evaluados. Estos depósitos son de fácil remoción por acción hídrica.
 - La pendiente de las laderas ubicadas en la parte alta y baja de las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, son de media (5° a 15°) a muy fuerte (25° a 45°) inclinación.

- La precipitación pluvial, la cual se concentra en cauces de quebradas y torrenteras, producen erosión fluvial, además de recargar acuíferos dando lugar a la salida de ojos de agua a lo largo de la pendiente media sobre la cual se asientan las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles.
- Los acuíferos porosos no consolidados de porosidad elevada, permiten la presencia de agua subterránea (en forma de ojos de agua).

También se han determinado factores externos que incrementan la susceptibilidad (inestabilidad) de la zona, como:

- La actividad antrópica (humana), de corte de talud para construcción de la carretera Kishuara – Sahuinto (tramo VII).
- El deficiente diseño de cunetas de escorrentía en un tramo de la comunidad de Arcahua y de drenajes subterráneos en la construcción de la carretera Kishuara – Sahuinto (tramo VII), favoreciéndose a la infiltración de agua en las paredes de las viviendas ubicadas en su límite izquierdo de la carretera Kishuara – Sahuinto (tramo VII), sobre una pendiente de inclinación media y por debajo del nivel de la superficie de la carretera.


5. CONCLUSIONES

- a) Las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles se asientan sobre depósitos aluviales inconsolidados, de tipo arcillo-arenoso, arcillo-gravoso, arcilloso y limo-gravoso. Estos depósitos son de fácil remoción por acción hídrica. Además el substrato rocoso, base de los suelos, está conformado por rocas intrusivos cuarzodioritas de la Unidad Ocobamba, secuencias sedimentarias conformadas por cuarcitas con intercalaciones de lutitas de la formación Labra y Hualhuani
- g) Hidrogeológicamente las unidades geológicas de la Unidad de Ocobamba se comportan como acuitardos intrusivos, mientras que las rocas sedimentarias de la formación Hualhuani y Labra son acuíferos fisurados y los depósitos aluviales son acuíferos porosos no consolidados, en esta última unidad la salida de ojos de agua genera flujos de agua y saturación de suelos en algunos sectores.
- h) Según los antecedentes históricos, en las áreas de estudio no se registran zonas críticas frente a la ocurrencia de movimientos en masa. En el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa a escala 1: 250 000 (Vilchez *et al.*, 2019), una parte de la comunidad de Tappacera se asienta sobre zonas de susceptibilidad alta y las comunidades de San José de Arcahua, California y Los Ángeles sobre zonas de susceptibilidad media a baja, frente a la ocurrencia de movimientos en masa. Estos niveles de susceptibilidad son condicionados por lluvias excepcionales, agua subterránea, sismos y factores antrópicos.
- i) En las zonas de estudio se observa la presencia de derrumbes, deslizamientos de pequeñas dimensiones en el límite derecho de la carretera Ayacucho – Abancay debido al corte de carretera entre el 2014 - 2015 y saturación de suelo por salida de ojos de agua respectivamente. Estos peligros geológicos no amenazan las viviendas de las comunidades de Tapaccera, San José de Arcahua, California y Los Ángeles.
- j) En la zona de estudio se produce saturación de depósitos inconsolidados por la activación de ojos de agua en temporada de lluvia (noviembre a abril), que genera filtración en las paredes de viviendas precarias, encontradas por debajo del nivel de la carretera Ayacucho – Abancay (límite izquierdo de la carretera), deslizamientos pequeños activados por saturación intensa de suelo. A futuro esta saturación intermitente de suelos puede generar reptación de suelos en las áreas de estudio.
- k) Los trabajos de ampliación y asfaltado de la carretera 'Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII)' iniciaron en el 2014, a través del uso de maquinaria pesada como excavadora y compactadoras. Durante estos trabajos se activaron derrumbes propios del corte de talud, además de afectación de viviendas de adobe de las comunidades de Tapacera, Arcahua, California y Los Ángeles, ubicadas en el límite izquierdo de la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII).

- l) No se observa agrietamientos recientes después de la construcción de la carretera. Sin embargo, apareció filtraciones que socaban y humedecen las paredes de adobe, encontradas por debajo del nivel de la carretera Ayacucho – Abancay (límite izquierdo de la carretera), en temporada de lluvia, que debilita las viviendas precarias de las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles, con probabilidades de desplomarse o colapsar si no se toma acciones al respecto.

6. RECOMENDACIONES

- a) Realizar la captación de ojos de agua en la parte alta del área de estudio.
- b) Reubicar o estabilizar el terreno sobre el cual se asienta el poste de la red de energía que abastece a la comunidad de Tapaccera (fotografía 6).
- c) Apertura de zanjas y colocar drenajes y/o canales precarios/revestidos en el contorno de viviendas afectadas (zanjas), para captar y re-direccionar el flujo de agua en el contorno de viviendas afectadas, para liberar el contacto entre el talud, por donde desfoga el agua subterránea, y la estructura de las viviendas de las comunidades de Tapaccera, Arcahua, California y Los Ángeles.
- d) Profundizar los canales existentes, así como realizar el mantenimiento permanente de los mismos.
- e) Realizar un sistema de drenaje en el centro poblado de Los Ángeles, para que los flujos de agua, no discurran a lo largo de las calles y viviendas del centro poblado.
- f) Reubicar viviendas muy afectadas, donde no es factible colocar zanjas y drenajes externos.
- g) De realizar nuevas construcciones en el área de estudio, se recomienda realizar estudios de suelos, identificar filtraciones subterráneas en el terreno, colocar drenajes, y no construir las viviendas pegada al talud.
- h) Si la filtración de agua sobre las paredes de adobe empezó después de la construcción de la carretera, se recomienda revisar el estudio de impacto ambiental y riesgo de viviendas cercanas, así como los estudios previos de agua subterránea y superficial que la empresa privada elaboró antes de la construcción la carretera Dv. Kishuara – puente Sahuinto (Tramo VII), con el objetivo de revisar la estructura de carretera y si esta cumple con las especificaciones y medidas necesarias de impermeabilización (drenajes subterráneos).
- i) Determinar el nivel freático de las zonas de estudio, a través de un estudio más detallado.


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


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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guzmán, A.; Fidel, L., Zavala, B.; Valenzuela G.; Núñez, S.; Rivera, M.; Vílchez, M.; Villacorta S. & Pari, W. (2003). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 31, Lima.
- Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.J. & Hutchinson, J.N. (2001). A review of the classification of landslides of flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238.
- INGEMMET (2003). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú - Franja N°3, Boletín N°28 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, 373 p., 17 mapas.
- Lipa, V.; Zuloaga, A. & Edilberto, L. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización Cuadrángulo de Andahuaylas (28-p), base Marocco R. (1975). Escala 1:50 000. INGEMMET.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- SENAMHI, 2020. Climas del Perú_Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. 7 p.
- Valdivia, W. & Latorre, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización Cuadrángulo de Abancay (28-q), base Marocco R. (1975). Escala 1:50 000. INGEMMET,
- Vílchez, M.; Ochoa, M.; Pari, W. (2019) - Peligro geológico en la región Huancavelica. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 69, 225 p., 9 mapas.
- Villacorta, S.; Valderrama, P. & Ronni, R. (2012) – Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la Región Apurímac, INGEMMET, 46 p.
- Villacorta, S.; Vásquez, P.; Valderrama, P. & Maduelo, M. (2013) – Segundo reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la Región Apurímac, INGEMMET, 46 p.