

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7464

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO AGUASANA Y SECTOR AGUASANA CHICO

Departamento Arequipa
Provincia Castilla
Distrito Machaguay



DICIEMBRE
2023

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL ANEXO AGUASANA Y
SECTOR AGUASANA CHICO***

Distrito Machaguay, Provincia Castilla, 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 (2023). *Evaluación de peligros geológicos en el anexo Aguasana y sector Aguasana Chico, distrito Machaguay, provincia Castilla, departamento Arequipa*. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7464, 35 p.

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	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLOGICOS.....	11
3.1. Unidades Litoestratigráficas	11
3.1.1. Grupo Yura.....	11
3.1.2. Formación Murco (Ki-mu).....	11
3.1.3. Grupo Barroso – Andesitas (Qpl-co3).....	12
3.1.4. Depósitos Coluviales (Qpl-co).....	13
3.1.5. Depósitos Proluviales (Qh-pl).....	14
3.1.6. Depósitos Fluviales (Qh-fl).....	14
4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	15
4.1. Pendientes del terreno	15
4.2. Unidades Geomorfológicas	16
4.2.1. Unidad de montañas	17
4.2.2. Edificio Volcánico	17
4.2.3. Unidad de piedemonte	17
4.2.4. Terraza.....	17
4.2.5. Otras geoformas fluviales.....	18
5. PELIGROS GEOLOGICOS	18
5.1. Movimientos en masa.....	18
5.1.1. Deslizamiento rotacional – Anexo Aguasana.....	18
5.1.2. Movimiento complejo: Deslizamientos- derrumbes en el sector Aguasana Chico	20
5.1.3. Flujo de detritos	24
5.2. Factores condicionantes.....	26
5.3. Factores desencadenantes	26
6. CONCLUSIONES	27
7. RECOMENDACIONES	27
8. BIBLIOGRAFIA.....	28
ANEXO 01: MAPAS	29

RESUMEN

El presente informe, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos en el anexo Aguasana y sector Aguasana Chico, del distrito Machaguay, provincia Castilla, 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 evaluado, afloran areniscas abigarradas rojizas con alternancia de lutitas, limolitas, lodolitas y limoarcillitas de coloraciones rojizas de la Formación Murco, la cual se encuentra muy fracturada y ligeramente meteorizada, con espaciamientos entre 2cm a 15cm y aperturas en promedio de 2mm. Además, se presentan depósitos coluviales (provenientes de antiguas avalanchas de rocas y de detritos) están conformados por bloques (50 %), gravas (30 %), englobados en una matriz limosa (20 %); dichos depósitos se encuentran poco compactos y permiten la infiltración del agua, de esta manera los terrenos son fácilmente saturados y susceptibles a los movimientos en masa.

La pendiente fuerte ($>15^\circ$), característica de la zona de estudio, se considera como uno de los factores condicionantes para la generación de deslizamientos y derrumbes; como los ocurridos en la zona y que afectan al canal de riego Aguasana Chico – Pulviña, situado a lo largo de la margen derecha del río Taparza.

El principal peligro geológico en el sector de Aguasana Chico, corresponde a un movimiento complejo, tipo deslizamiento-derrumbe, que se encuentra activo; así como también derrumbes, flujos de detritos y erosión de laderas tipo cárcavas.

El movimiento complejo tiene una longitud de corona de 220 metros, un ancho de superficie de falla de 212 metros, una longitud de deslizamiento de 58 metros, una longitud promedio de grietas de 9 metros, una apertura de grietas de 3 a 32 centímetros y un salto promedio de 70 centímetros.

De continuar activo, podría dañar la infraestructura del canal de riego Aguasana Chico – Pulviña, que es de gran importancia para la producción agrícola de la zona. Por lo que el canal de riego Aguasana Chico, se encuentra en **Peligro Alto** a movimientos en masa

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 los sectores.

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 el Oficio N° 094-2023-MDM-ALC/WHCP del distrito Machaguay, provincia Castilla, departamento Arequipa, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designa a los Ingenieros Yeny Bety Ccorimanya Chalco y Yhon Hidelver Soncco Calsina, para que realicen la evaluación de peligros geológicos en la zona de estudio, la cual se llevó a cabo los días 25 y 26 de septiembre 2023. Para los trabajos de campo se realizaron coordinaciones con representantes de la Unidad de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Machaguay.

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 informe se pone a consideración de la Municipalidad Municipalidad Distrital de Machaguay, Gobierno Regional de Arequipa 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 anexo Aguasana y sector Aguasana Chico del distrito de Machaguay.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros de movimientos en masa.
- c) Proponer alternativas de prevención y mitigación ante los peligros geológicos identificados en el trabajo de campo.

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° 46, Serie A, Hojas 32-r, 31-r : Carta Geológica Nacional “Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa a escala 1:100 000”

(Caldas Vidal, Julio, 1993). Describe la geología de la zona de estudio y alrededores que corresponde en gran parte a la Formación Murco y cuaternarios coluviales.

- 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 el sector Aguasana Chico, se encuentra en Susceptibilidad Muy Alta.

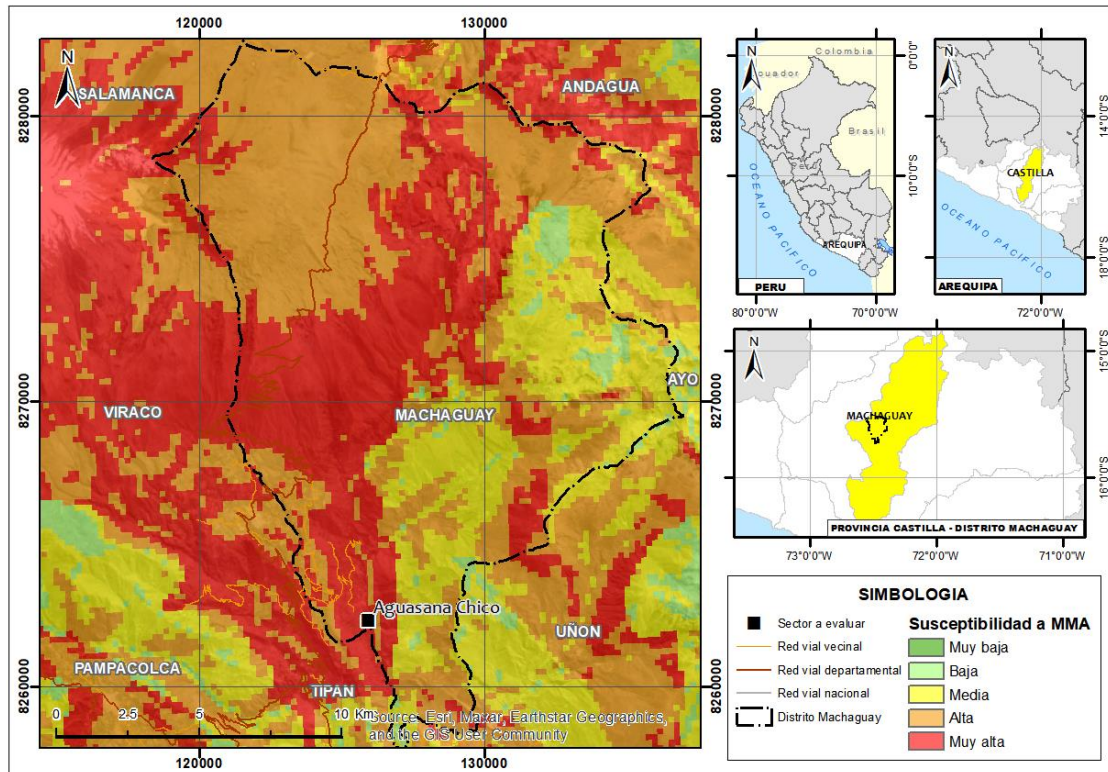


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

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 anexo Aguasana y sector Aguasana Chico, se localizan en el distrito Machaguay, provincia Castilla, departamento Arequipa (Figura 2), con las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Tabla 1. Coordenadas de ubicación de los sectores evaluados.

Sectores	UTM – WGS84 – Zona 18S		Geográficas	
	X - Este	Y - Sur	Latitud	Longitud
Sector Aguasana Chico	769167.59 m E	8263778.95 m S	15°41'23.34" S	72°29'19.49" O

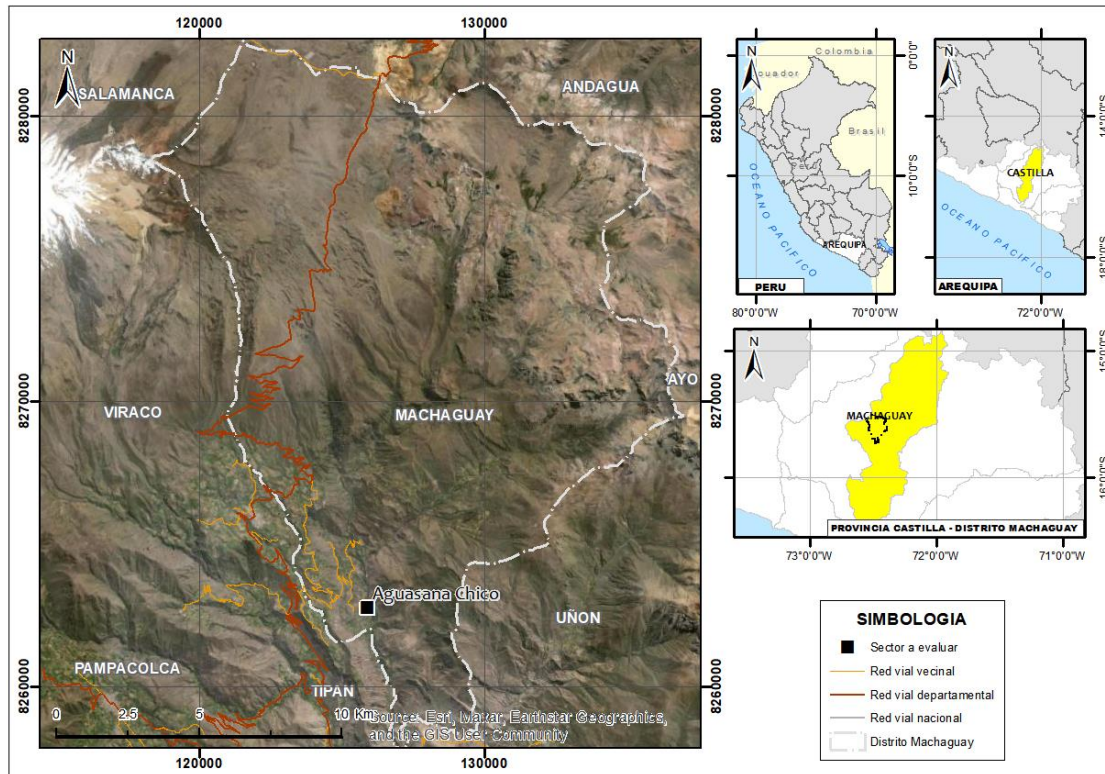


Figura 2. Ubicación del área de evaluación.

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 Machaguay cuenta con una población total de 488 habitantes entre hombres (249) y mujeres (239) distribuidos en 435 viviendas particulares. De estas, 409 viviendas se encuentran ocupadas y 26 desocupadas.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso 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 – Machaguay (sector Aguasana Chico)	Carretera asfaltada / trocha carrozable	266	5 h 40 min

1.3.4. Clima

El anexo Aguasana y sector Aguasana Chico cuentan 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.

La cantidad de lluvia según datos pluviométricos de la estación meteorológica convencional Machaguay (SENAMHI) en el período 1963 – 2013, registra una precipitación máxima de hasta 47mm en marzo del año 2012 (Figura 4), enfatizando que la lluvia mas intensa ocurre entre diciembre y marzo. La Figura 4 permite examinar con qué frecuencia se producen anomalías en la lluvia que provocan la erosión del suelo.

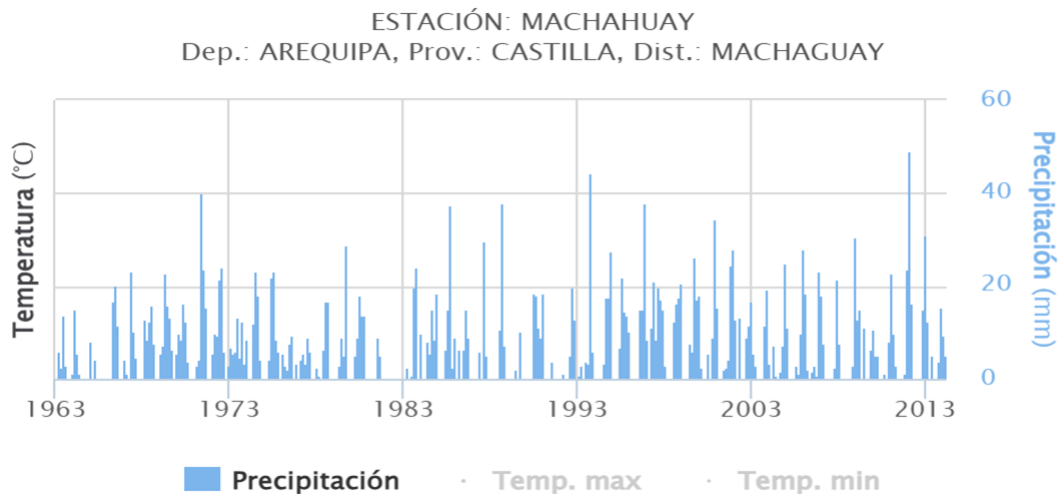


Figura 3. Histograma de precipitaciones totales mensuales en mm, estación Machaguay: 1963 – 2013.
Fuente: Estación meteorológica convencional Machaguay - SENAMHI.

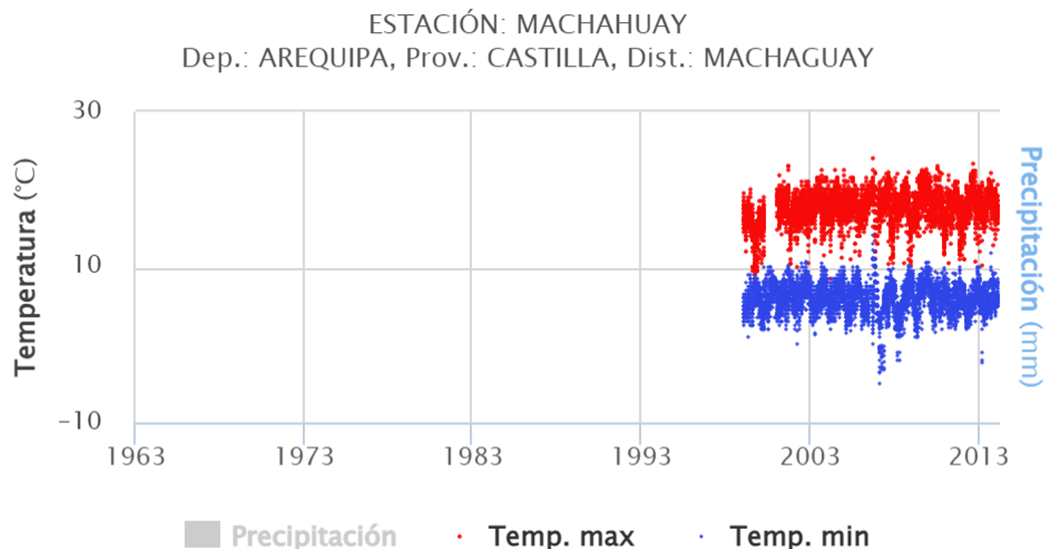


Figura 4. Histograma de precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas diarias – Estación Machaguay.
Fuente: Estación meteorológica convencional Machaguay - SENAMHI.

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.

Bloques: Con relación a la granulometría de un suelo para propósitos de clasificación se refiere a las partículas de suelo con diámetro medio mayor a 300 mm. Sin embargo, en mecánica de rocas se refiere a la porción de una masa rocosa limitado por discontinuidades, caso en el cual se tienen en cuenta el tamaño y forma de los bloques para describir un macizo rocoso en términos como: masivo, cúbico, tabular, columnar, irregular y triturado (ISRM, 1981).

Cabeza: Parte superior del cuerpo principal de un deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

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.

Confinado: Término empleado para referirse a la distribución de la actividad de un movimiento en masa, en el que este presenta un escarpe, pero no tiene una superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada. Hutchinson (1988), sugiere que los desplazamientos en la cabeza dan lugar a una compresión y ligero abultamiento al pie de la masa (WP/WLI, 1993).

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semiparalelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

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.

Deslizamientos: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla. Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

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.

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

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.

Pie: Parte de un deslizamiento que se mueve más allá del pie de la superficie de falla y cubre la superficie original del terreno.

3. ASPECTOS GEOLOGICOS

La geología local, se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Huambo y Orcopampa, Hojas 32-r, 31-r, a escala 1:100,000 (Caldas Vidal, Julio, 1993), complementándose con trabajos de fotointerpretación de imágenes satelitales, vuelos de dron y observaciones en campo, con lo que finalmente se elaboró el mapa geológico del presente informe (Anexo 1- Mapa 1).

3.1. Unidades Litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden a la Formación Murco, lavas del volcán Coropuna y depósitos cuaternarios – Holocenos de origen coluvial y fluvial (Mapa 01 del Anexo 01).

3.1.1. Grupo Yura

3.1.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)

Según el cuadrángulo de Huambo y Orcopampa (Hojas 32-r, 31-r), esta Formación se compone de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, gris claras a grises en fractura fresca, y con pátinas amarillentas y pardas en superficie meteorizada. Se observan estructuras sedimentarias internas como estratificación cruzada y ondulitas. (Caldas Vidal, Julio, 1993).

En el sector de Aguasana Chico, la Formación Hualhuani aflora extensamente a lo largo de la margen izquierda del río Taparza (Anexo 1- Mapa 1). Se observan rocas de areniscas grises.

3.1.2. Formación Murco (Ki-mu)

El sector de Aguasana Chico (Figura 5), se encuentra en la margen derecha del río Taparza, donde se observa afloramiento de la Formación Murco conformada por areniscas, limolitas, lodolitas y limoarcillitas de coloraciones rojizas. Esta Formación se encuentra muy fracturada y ligeramente meteorizada, con espaciamentos entre 2cm a 15cm y aperturas en promedio de 4mm (Figura 6).



Figura 5. Se observan afloramientos del sustrato rocoso de areniscas y limoarcillitas de coloraciones rojizas de la Formación Murco en la margen derecha del río Taparza.

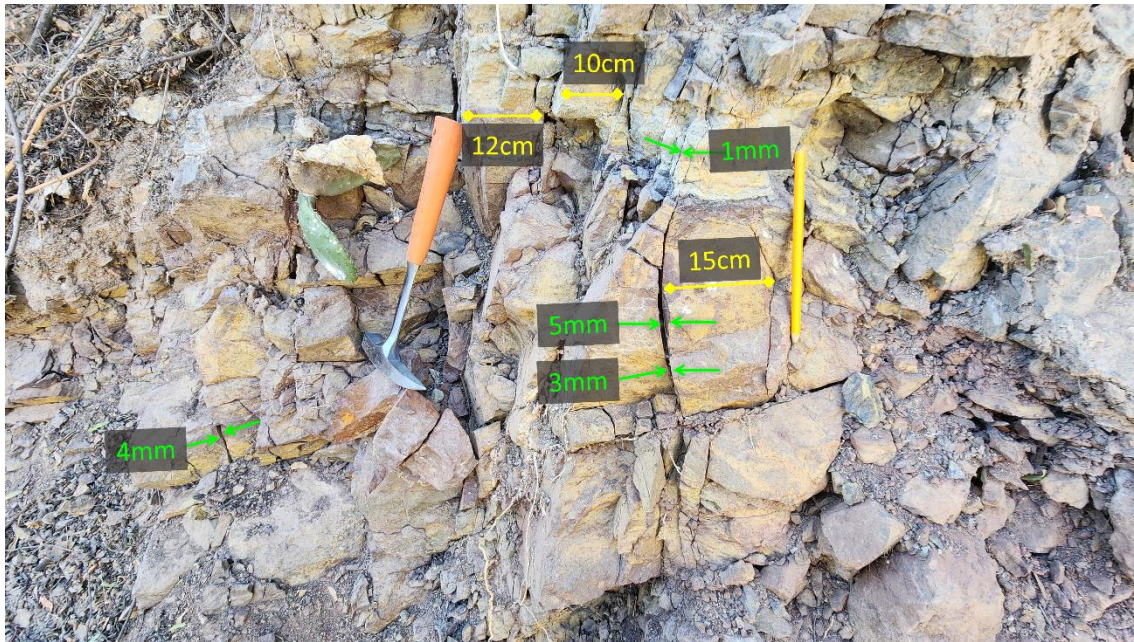


Figura 6. Se observa el afloramiento de la Formación Murco conformada por la alternancia de lutitas y areniscas rojizas muy fracturadas y ligeramente meteorizadas.

3.1.3. Grupo Barroso – Andesitas (Qpl-co3)

El Grupo Barroso está conformado por intercalaciones de lavas porfíricas procedentes de diversos centros volcánicos de naturaleza estratovolcanes. En ocasiones, no es posible reconocer el centro de emisión. En el Anexo de Aguasana, en la cumbre del cerro Yayan, se encuentra sobreyaciendo directamente a la Formación Murco y está conformado principalmente por andesitas poco a medianamente fracturadas; moderadamente meteorizadas (Figura 7).

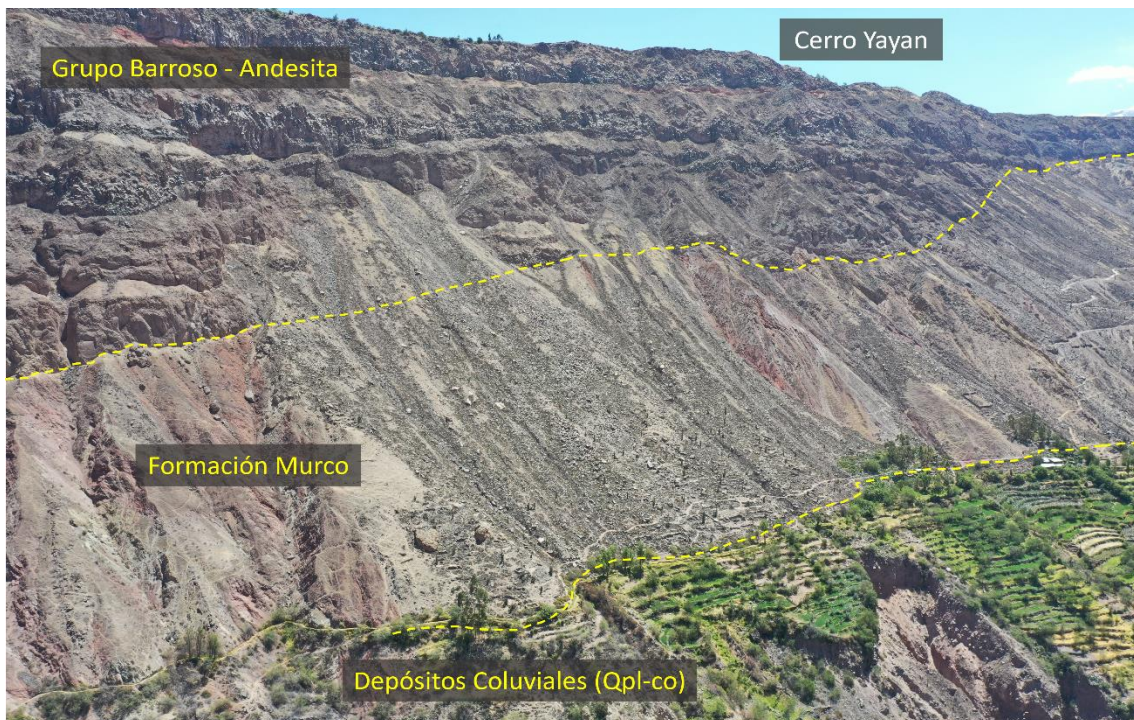


Figura 7. En la cumbre del cerro Yayan, se observa el sustrato rocoso del Grupo Barroso, que está formado por andesitas poco a medianamente fracturadas.

3.1.4. Depósitos Coluviales (Qpl-co)

En el sector de Aguasana Chico (Figura 8), estos depósitos se observan en la margen derecha del río Taparza y están compuestos por fragmentos de rocas subangulosas, conformado por bloques (50%) con tamaños máximos de hasta 2 m, gravas (30%), en una matriz limosa (20%). Estos depósitos son producto de Caída de rocas, deslizamiento traslacional, avalancha de rocas y detritos (Figura 9).

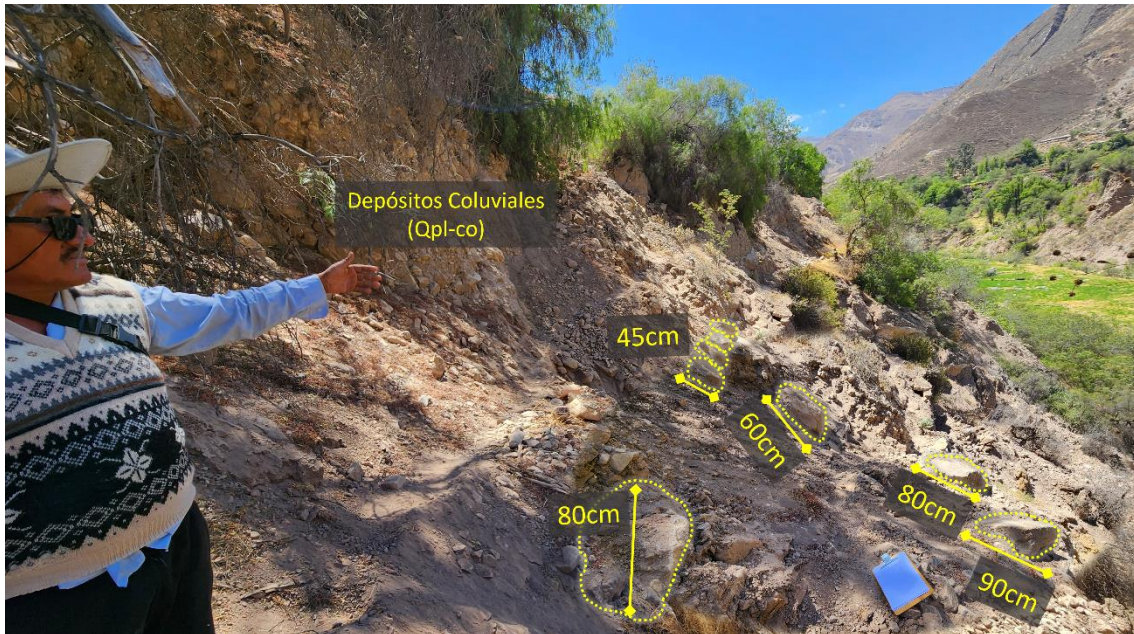


Figura 8. Depósitos coluviales – sector Aguasana Chico. Se observan Bloques de hasta 80cm en el cuerpo del movimiento complejo de tipo Deslizamiento -Derrumbe en la margen derecha del río Taparza.



Figura 9. Depósitos coluviales – sector Aguasana. Se encuentran en las laderas del flanco Este del cerro Yayan, observándose bloques de hasta 2 metros.

3.1.5. Depósitos Proluviales (Qh-pl)

Los depósitos proluviales provienen de flujos de detritos (huaicos) que ocurren por precipitaciones pluviales intensas y estos discurren por el cauce del río Taparza llegando a formar terrazas de hasta 2 metros de altura (Figura 10). Los depósitos son una mezcla heterogénea de fragmentos de rocas con diferentes tamaños y de formas subangulosas. Están conformados por bloques (50%) con tamaños máximos de hasta 1 metro (Figura 11), gravas (40%) y matriz limo-arcilloso (10%).

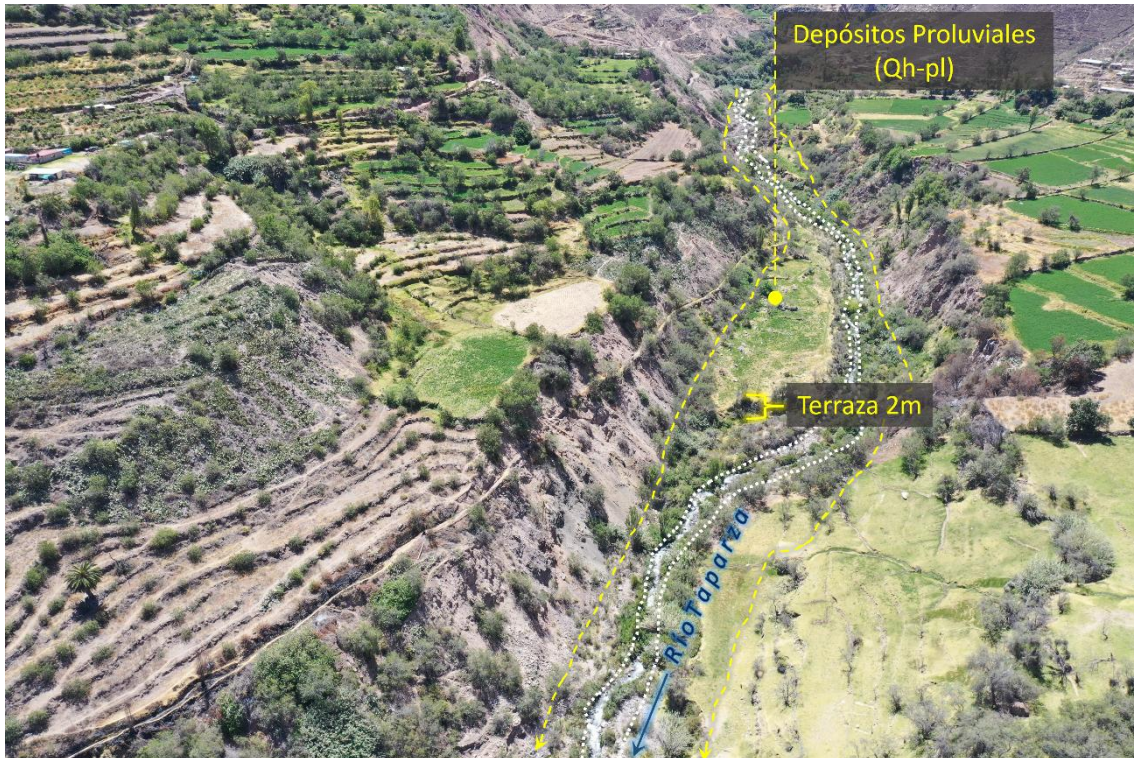


Figura 10. Se muestra los depósitos proluviales que formaron terrazas de hasta 2 metros de altura. Vista del cauce del río Taparza.

3.1.6. Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Los depósitos fluviales se encuentran en el cauce del río Taparza (Figura 12). Los depósitos no tienen ninguna selección, son una mezcla heterogénea de fragmentos de rocas con diferentes tamaños y de formas subredondeadas a redondeadas. Están conformados por bloques (30%) con tamaños máximos de hasta 0.4 metros, gravas (50%) y matriz areno-limosa (20%).



Figura 11. Se muestra los depósitos fluviales conformados por bloques con tamaños máximos de hasta 0.4 metros, gravas en matriz limosa. Vista del cauce del río Taparza.

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 (Tabla 2).

En el anexo Aguasana, las laderas del flanco Este del cerro Yayan, tienen pendientes mayores a 42° (pendiente muy fuerte), lo que facilita el escurrimiento superficial del agua durante las precipitaciones pluviales. Por otro lado, la zona de Vertiente con depósito de deslizamiento sobre la cual se encuentran áreas agrícolas y viviendas del anexo Aguasana se conforma de pendientes que varían de 1° a 15° (pendientes de inclinación suave a moderado).

El cuerpo del movimiento complejo tipo Deslizamiento-Derrumbe del sector Aguasana Chico tiene una pendiente muy escarpada de 50° (Figura 12).

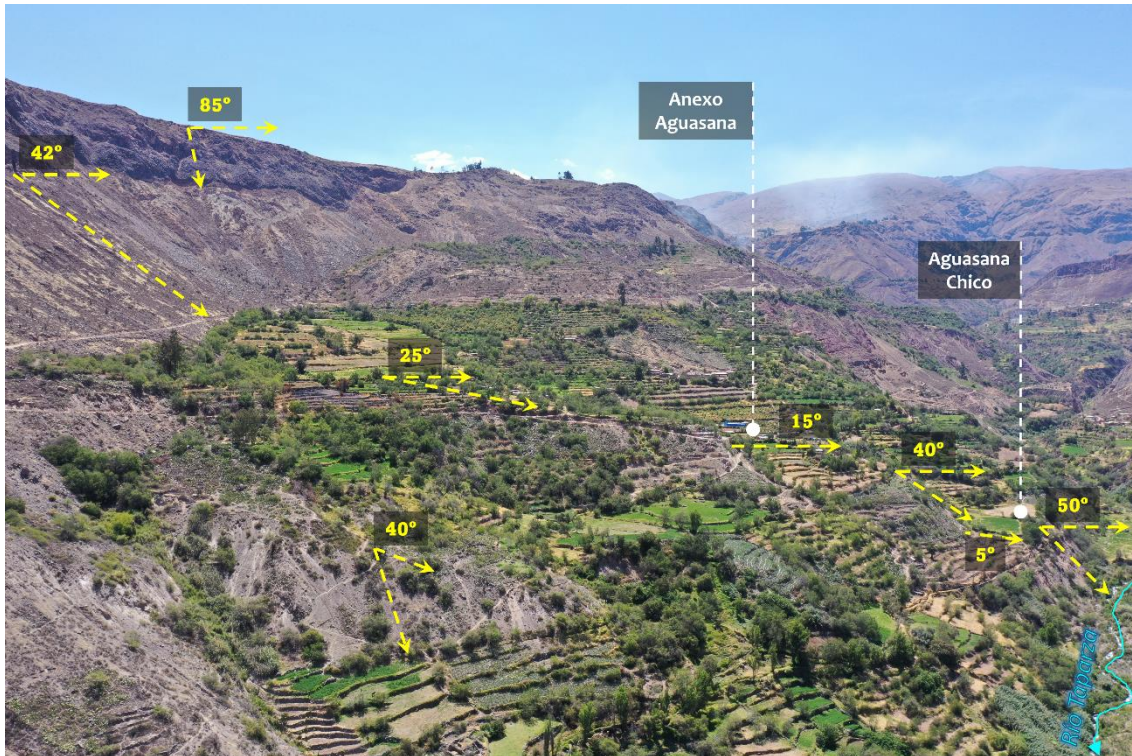


Figura 12. Se observa que el flanco Este del cerro Yayan presenta pendientes variables de inclinación suave 5° a muy escarpados 85°.

En el Mapas 02 del Anexo 01, se presentan los mapas de 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 42 cm de resolución para el sector de Aguasana Chico.

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 montañas

4.2.1.1. Montañas y colinas en roca sedimentaria (RMC-rs)

Se encuentran en la margen derecha del río Taparza (Figura 13). Están compuesta principalmente por rocas de alternancia de lutitas y areniscas abigarradas rojizas, intercaladas con areniscas de grano fino rojizas. Tienen laderas de pendientes fuertes ($>15^\circ$), características del terreno que hacen que se observen ciertas avalanchas de detritos y rocas.

4.2.2. Edificio Volcánico

4.2.2.1. Estratovolcán (Es-v)

Corresponde a un paisaje que se observa como farallones, muestran en su estructura una cierta estratificación producida por la alternancia, generalmente irregular, de coladas de lava y mantos de piroclastos consolidados o no, cuya disposición y espesores son testimonio de la ocurrencia de periodos alternos o simultáneos de erupciones tranquilas y otras de carácter explosivo.

Se observa esta geoforma en la cumbre del cerro Yayan (Figura 13), con farallones de pendientes mayores a los 85° y de composición andesítica.

4.2.3. Unidad de piedemonte

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

Este tipo de vertiente se observa en el anexo de Aguasana, a la margen derecha del río Taparza, donde se aprecian procesos de movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional ocurrido en las laderas del flanco Este del cerro Yayan. (Figura 13).

4.2.3.2. Vertiente glacio-fluvial (V-gfl)

Se encuentra en el cauce del río Taparza (Figura 13). Esta vertiente se formó cuando el agua de fusión de los glaciares fluyo por la superficie del terreno transportando grandes cantidades de sedimentos y se unió al río Taparza. La vertiente glacio-fluvial es típicamente más empinada que otras vertientes con pendientes que alcanzan hasta los 25° (pendiente fuerte), gran cantidad de sedimentos y tiene una forma en V o U.

Es más propensa a la erosión y la sedimentación que otras vertientes debido a la mayor cantidad de caudal temporal que fluye por ella.

4.2.4. Terraza

4.2.4.1. Terraza aluvial (T-a)

Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río (Figura 13). En el sector Aguasana Chico, la altura a la que se encuentran estas terrazas en el cauce del río Taparza llegan hasta los 2 metros.

4.2.5. Otras geoformas fluviales

4.2.5.1. Cauce del río:

Es la porción del terreno que es ocupada por el flujo de agua del río Taparza. Este cauce tiene una forma recta (Figura 13). El cauce de un río es un elemento dinámico, que está en constante cambio.

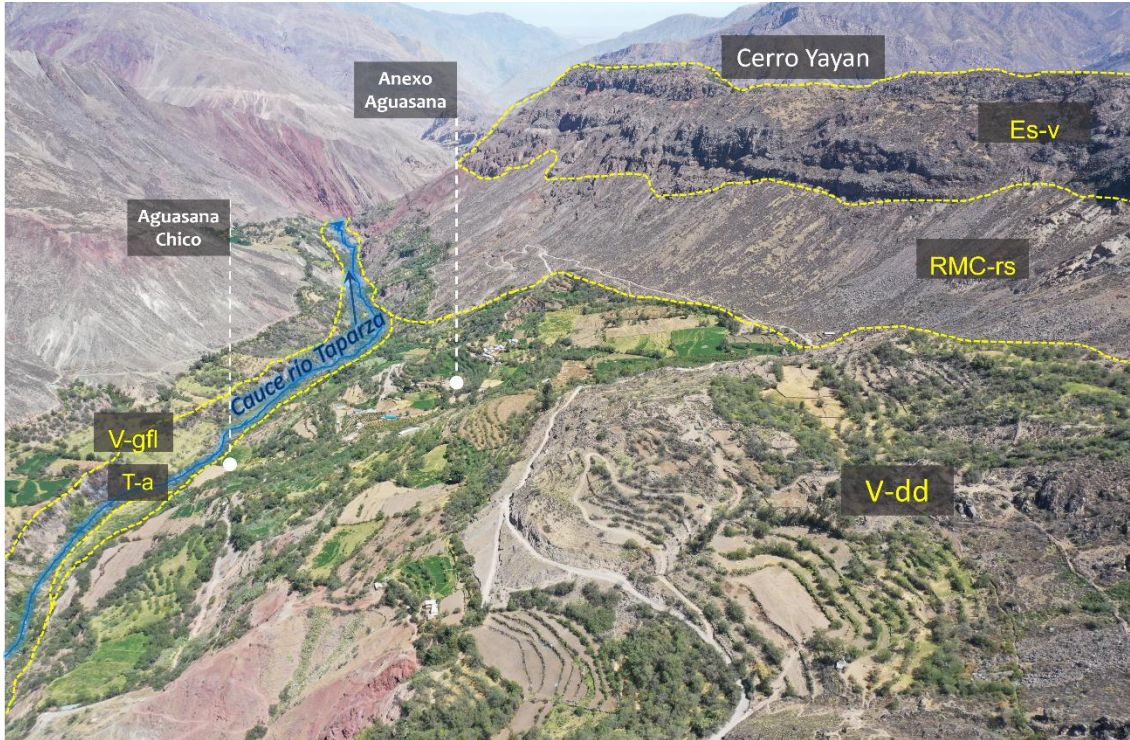


Figura 13. En la margen derecha del río Taparza se observa parte del estratovolcán (Es-v), Montaña y colina en roca sedimentaria (RMC-rs) y la Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd). También se observa la vertiente glacio-fluvial (V-gfl) y Terrazas aluviales (T-a) en el cauce del río Taparza.

5. PELIGROS GEOLOGICOS

5.1. Movimientos en masa

La descripción de los eventos geodinámicos en el sector de Aguasana Chico se realizó con base en la información de campo, 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 42cm y 5cm respectivamente. Además, se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

5.1.1. Deslizamiento rotacional – Anexo Aguasana

El Anexo de Aguasana al igual que su zona agrícola se encuentra en el cuerpo del deslizamiento inactivo abandonado de tipo rotacional progresivo; precisamente al flanco Este del cerro Yayan, margen derecha del río Taparza. En el cuerpo del deslizamiento se presenta surgencias de agua (Figura 14) que emanan de depósitos compuestos por fragmentos de rocas subangulosas, de bloques (40%) con tamaños máximos de hasta 2 m, gravas (30%), en una matriz limosa (30%); con pendientes (Figura 12) que varían de 5° a 40° (pendientes de inclinación suave a muy fuertes).

En el cuerpo del deslizamiento, en la zona media a baja se ha cartografiado 4 puntos (Figura 15) de surgencias de agua (manantes) en las siguientes coordenadas:

- Manante 1: Coordenadas UTM E: 769093, N: 8263772; Caudal Q = 0.25 L/s.
- Manante 2: Coordenadas UTM E: 769102, N: 8263809; Caudal Q = 0.15 L/s.
- Manante 3: Coordenadas UTM E: 769016, N: 8263786; Caudal Q = 0.1 L/s.
- Manante 4: Coordenadas UTM E: 768914, N: 8263862; Caudal Q = 0.7 L/s.



Figura 14. Se observa la surgencia de agua (manante 4) con un caudal aproximado de 0.7 litros/segundo.

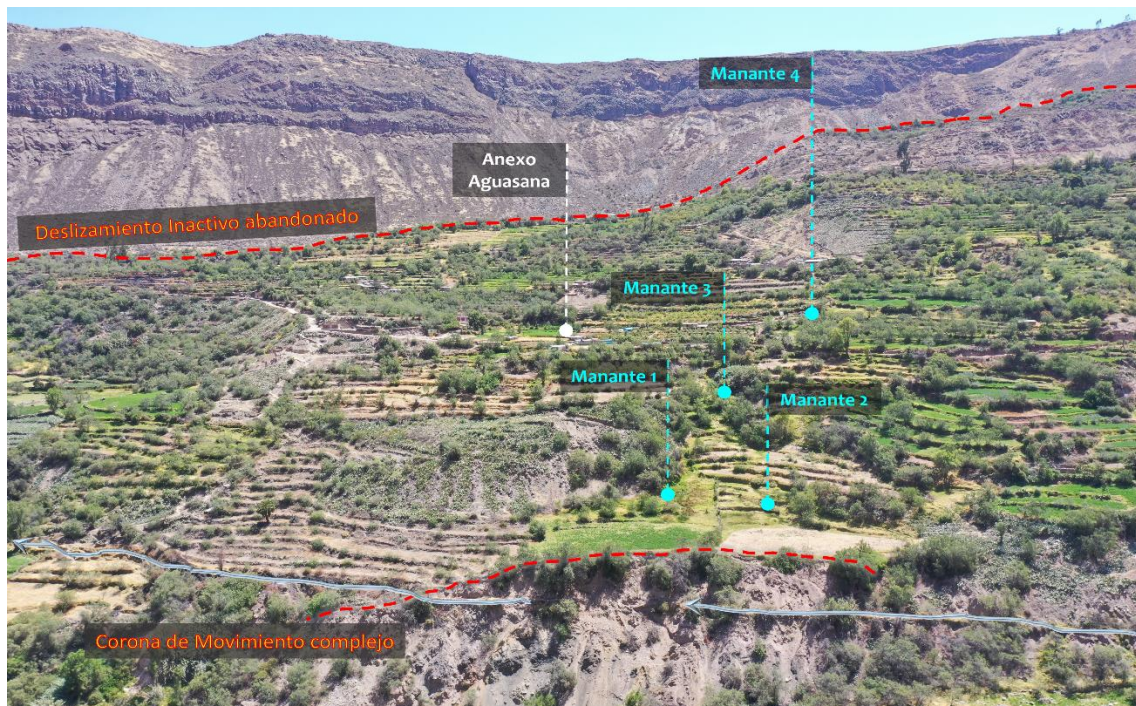


Figura 15. Se observa el deslizamiento rotacional inactivo abandonado en la ladera del flanco Este del cerro Yayan y la ubicación de las surgencias de agua, a la margen derecha del río Taparza.

El deslizamiento rotacional inactivo abandonado tiene las siguientes características:

- Longitud de corona 4428 m, Ancho de la superficie de falla de 2367 m, Longitud de deslizamiento de 1457 m, tres escarpes (E1=613m., E2=2582m. y E3=1943m.) y salto que va entre 70 m. a 445 m. (Figura 16).

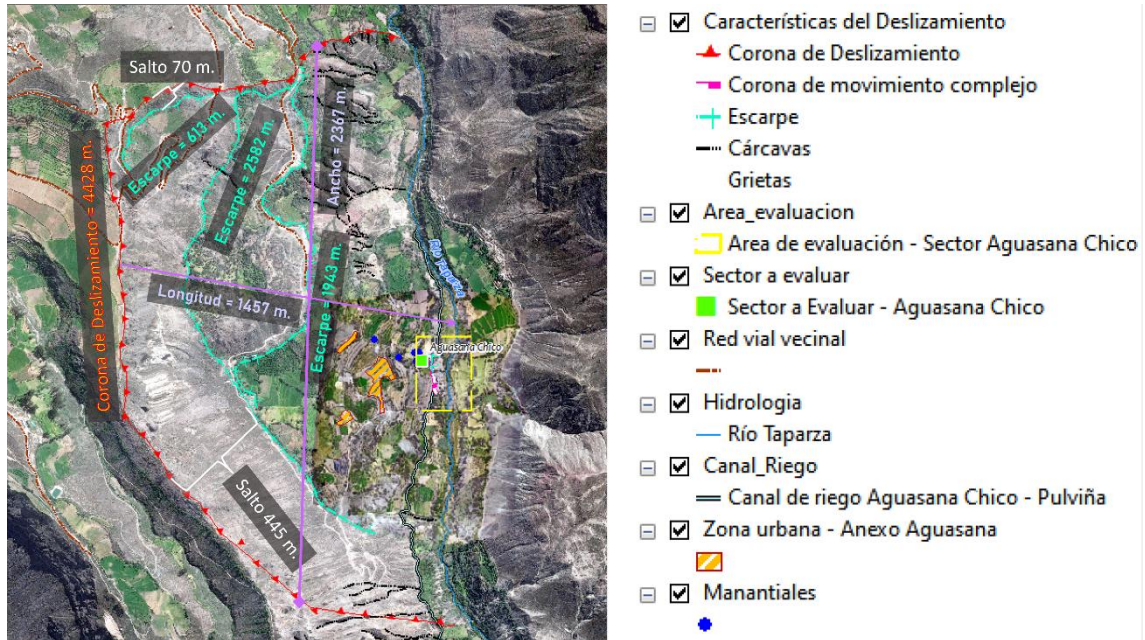


Figura 16. Se observa las dimensiones del deslizamiento rotacional en el Anexo Aguasana.

Este deslizamiento rotacional inactivo abandonado representa un **peligro medio-alto** para el anexo de Aguasana y sus medios de vida. (Anexo 01 – Mapa 04).

5.1.2. Movimiento complejo: Deslizamientos- derrumbes en el sector Aguasana Chico

5.1.2.1. Deslizamiento

El movimiento complejo, tipo Deslizamiento – derrumbe, inicia siendo un deslizamiento de tipo traslacional progresivo que actualmente está activo y en su cuerpo gradualmente se desarrollan 4 derrumbes. Se ubica a la margen derecha del río Taparza.

El cuerpo del deslizamiento está compuesto por fragmentos de rocas subangulosas, conformados por bloques (40%) con tamaños máximos de hasta 1.2 m, gravas (35%), dentro de una matriz limosa (25%). El deslizamiento es de actividad de movimiento activo, formado en laderas de pendientes (Figura 12) muy escarpadas (>50°). Estas características hacen que este sector sea muy susceptible a los movimientos en masa de este tipo.

Este movimiento complejo Deslizamiento - Derrumbe (Figura 17) tiene las siguientes características:

- Longitud de corona 220 m, Ancho de la superficie de falla de 212 m, Longitud de deslizamiento de 58 m, Longitud promedio de grietas 9 m, Apertura de grietas de 3cm a 32 cm y salto promedio de 70 cm. (Figuras 18, 19 y 20).

El cuerpo del deslizamiento se extiende hasta el cauce del río Taparza, el mismo que a su vez erosiona el pie del deslizamiento, lo que podría acelerar el deslizamiento durante épocas de precipitaciones pluviales excepcionales. (Figura 17).



Figura 17. Se observa el movimiento complejo de tipo deslizamiento - derrumbe a la margen derecha del río Taparza.



Figura 18. Vista de la grieta del deslizamiento con apertura de 32 centímetros en el sector de Aguasana Chico. Coordenadas UTM E: 769157, N: 8263716.



Figura 19. Vista de los escarpes con saltos de 40cm y 80cm con apertura de hasta 32cm y grietas con longitudes de hasta 9 metros en el sector de Aguasana Chico. Coordenadas UTM E: 769155, N: 8263792.



Figura 20. Vista de grietas con aperturas entre 3cm a 5cm y escarpe de derrumbe en el sector de Aguasana Chico. Coordenadas UTM E: 769164, N: 8263815.

Este movimiento complejo de tipo deslizamiento - derrumbe representa un **peligro alto** en una longitud aproximada de 212 metros para la infraestructura del canal de riego del sector Aguasana Chico como también para los pobladores regantes que transitan por dicho canal (Anexo 01 – Mapa 04-A).

5.1.2.2. Derrumbe

En la margen derecha del río Taparza, en el sector de Aguasana Chico se observan cuatro derrumbes recientes (activos), debido a que las condiciones del suelo poco

compactas, lo que permite la infiltración del agua en el suelo (Figura 21). Están conformados por bloques (40%) con tamaños máximos de hasta 1.2 metros (Figura 22), gravas (50%) en matriz limosa (10%). Estos factores, sumados a las pendientes (Figura 12) muy escarpadas ($>50^\circ$) del terreno en este sector, hacen que la zona sea susceptible a movimientos en masa de este tipo.

Cabe recalcar que el sector de Aguasana Chico es una zona agrícola donde se utiliza un sistema de riego por gravedad. El canal de riego Aguasana Chico – Pulviña es de tipo superficial y abierto, por lo que es susceptible a rebosar si ocurre alguna obstrucción. El canal corta a media ladera el terreno, que presenta pendientes muy escarpadas; por lo que las laderas son susceptibles a derrumbes. Por lo tanto, el nivel de **peligro** se considera **alto**.

En el cuerpo del movimiento complejo se ha identificado cuatro derrumbes (Figura 23), en las siguientes coordenadas:

- Derrumbe (D-1): Coordenadas UTM E: 769183, N: 8263698.
- Derrumbe (D-2): Coordenadas UTM E: 769172, N: 8263751.
- Derrumbe (D-3): Coordenadas UTM E: 769167, N: 8263779.
- Derrumbe (D-4): Coordenadas UTM E: 769176, N: 8263807.



Figura 21. Se observa el derrumbe D-2 y escarpe de salto de 1.8m en el sector de Aguasana Chico, el cual afectó directamente 37 metros del canal de riego Aguasana Chico - Pulviña.



Figura 22. Se observa bloques del derrumbe con tamaños máximos de hasta 1.2 metros, grietas en la pared del salto del derrumbe en el sector de Aguasana Chico.



Figura 23. Se observa las características del movimiento complejo de tipo Deslizamiento – Derrumbe que compromete una longitud de 212 metros del canal de riego Aguasana Chico - Pulviña.

5.1.3. Flujo de detritos

De acuerdo con los testimonios de los pobladores del Anexo Aguasana, en el cauce del río Taparza se producen flujos de detritos (huaicos) durante las precipitaciones pluviales intensas. Tal es así que en el cauce del río Taparza, se encuentra material detrítico suelto, producto de flujos antiguos, con bloques de hasta 1 metro de diámetro, gravas

en matriz limo-arcillosa. Los fragmentos de rocas son de formas subangulosas, debido a su escaso transporte. De producirse lluvias excepcionales, se generarían flujos de detritos (huaicos) que arrastrarían un mayor volumen de sólidos, erosionando el pie del movimiento complejo de tipo deslizamiento-derrumbe.

Se describen tres tipos de eventos de flujos bien diferenciadas:

- **Flujo de detritos activo (Reciente 1):** Los frecuentes eventos de huaicos que se producen en el cauce del río Taparza (flujo canalizado) durante la temporada de precipitaciones anuales intensas, favorecen la erosión y socavación del curso de agua. (Figura 24).
- **Flujo de detritos suspendido (Reciente 2):** Los eventos de huaicos que se producen en el cauce del río Taparza (flujo canalizado) durante las precipitaciones excepcionales, afectan directamente al trazo del canal de riego Aguasana Chico - Pulviña en este sector, favoreciendo la erosión del pie del movimiento complejo tipo deslizamiento-derrumbe, lo que desestabiliza el terreno y contribuye al avance del deslizamiento y ocurrencia de derrumbes. (Figura 24).
- **Flujo de detritos inactivo abandonado (Antiguo):** Los flujos de detritos antiguos que se produjeron durante precipitaciones extraordinarias, formaron terrazas de depósitos proluviales en el sector de Aguasana Chico, que alcanzan una altura de hasta 2 metros. (Figura 24).

Los flujos de detritos ponen en **peligro medio – alto** al trazo del canal de riego Aguasana Chico – Pulviña.



Figura 24. En la figura se observan los depósitos de flujos de detritos en el cauce del río Taparza.

5.2. Factores condicionantes

Las causas principales están relacionados a los siguientes factores:

- Factor: Litología

Depósitos coluviales no consolidados originados por antiguos deslizamientos, avalanchas de rocas y detritos, conformados por bloques (50 %), gravas (30 %), en una matriz limosa (20 %).

- Factor: Geomorfológico

El flanco este de la montaña y colinas en roca sedimentaria Yayan presenta laderas de pendiente variable muy fuertes (25°-45°) a muy escarpadas (>45°). Estas características permiten que los depósitos producto de los deslizamientos y derrumbes discurran fácilmente por efectos de la gravedad y escorrentía de aguas superficiales.

5.3. Factores desencadenantes

- Antrópicos

El canal de riego Aguasana Chico – Pulviña es una infraestructura superficial abierta susceptible a obstrucciones, lo que puede provocar reboses. El agua que rebosa del canal puede infiltrarse en el suelo circundante, lo que puede provocar deslizamientos o derrumbes en el recorrido del canal.

Además, la técnica de riego que se utiliza en la zona agrícola del Anexo Aguasana es por gravedad (inundación), el cual tiene un efecto de saturación del suelo, lo que lo hace más susceptible a los movimientos en masa.

- Lluvias intensas

Las precipitaciones intensas y/o prolongadas pueden saturar el suelo, lo que puede provocar la activación de deslizamientos y derrumbes.

Existe un registro en el histograma de la estación Machaguay - SENAMHI que muestra precipitaciones totales mensuales en milímetros distribuidas a lo largo del período 1963-2013, que muestra un umbral máximo de 47 mm en el año 2012.

- Sismos


Los sismos pueden acelerar y movilizar las estructuras internas del suelo, lo que puede desencadenar el avance de deslizamientos y derrumbes en el sector Aguasana Chico. Además, en las laderas superiores del flanco Este del cerro Yayan, los sismos pueden generar caída de rocas.

6. CONCLUSIONES

- a) Los factores que contribuyen a la ocurrencia de movimientos en masa en el sector Aguasana Chico son la geología, la geomorfología y las pendientes. Estos factores pueden actuar de manera individual o conjunta para aumentar el peligro de ocurrencia de estos eventos.
- b) Los peligros geológicos encontrados en el sector de Aguasana Chico son flujo de detritos en el cauce del río Taparza y movimiento complejo tipo Deslizamiento - Derrumbe que se encuentra en la margen derecha del río Taparza.
- c) Se tiene un movimiento complejo activo tipo Deslizamiento – Derrumbe, por el cuerpo pasa el canal de riego que abastece al área agrícola del sector Aguasana Chico y Pulviña. Además, el pie del deslizamiento está siendo erosionado por el cauce del río Taparza, pudiendo generar la aceleración de su actividad. Dicho canal es de gran importancia para la producción agrícola de la zona, tanto así que un tramo de 212 metros del canal se encuentra en **Peligro Alto** a movimientos en masa, lo que podría afectar la infraestructura del canal de riego y la seguridad de las personas.
- d) Este sector Aguasana Chico, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas se considera en **Peligro Alto**.

7. RECOMENDACIONES

- a) Antes de realizar cualquier tipo de obras de prevención y mitigación en la zona, se debe considerar realizar un estudio de mecánica de suelos, sobre todo en el área del movimiento complejo tipo deslizamiento - derrumbe y alrededores.
- b) Instalar pases aéreos para acueductos en el tramo afectado por el movimiento complejo tipo deslizamiento – derrumbe en el sector Aguasana Chico.
- c) Proteger al canal de riego actual que se encuentra fuera de este sector, empleando tuberías de manera soterrada, e impermeabilizando los canales existentes en toda la zona agrícola del anexo Aguasana.
- d) Implementar un sistema de captación y canalización de los manantes (surgencias de agua) presentes en el cuerpo de deslizamiento inactivo abandonado del Anexo Aguasana, utilizando materiales impermeables para reducir la escorrentía superficial y la erosión.
- e) Tecnificar y cambiar el tipo de sistema de riego en la zona agrícola del anexo Aguasana y sector Aguasana Chico, a uno por goteo, capacitando a los agricultores en el beneficio de mitigar el avance del movimiento complejo tipo deslizamiento-derrumbe del sector Aguasana Chico y evitar la activación del deslizamiento rotacional inactivo abandonado del Anexo Aguasana.
- f) Construir un muro de contención, enrocados u otra estructura de contención, al pie del cuerpo del deslizamiento - derrumbe para evitar que el agua erosione y socave el material suelto en el cauce del río Taparza.


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

Caldas Vidal, Julio (1993). *Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa*. Lima, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, Boletín N°46, Serie A, Hojas 32-r, 31-r : Carta Geológica Nacional (Escala 1:100 000), 62p. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/166>.

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>

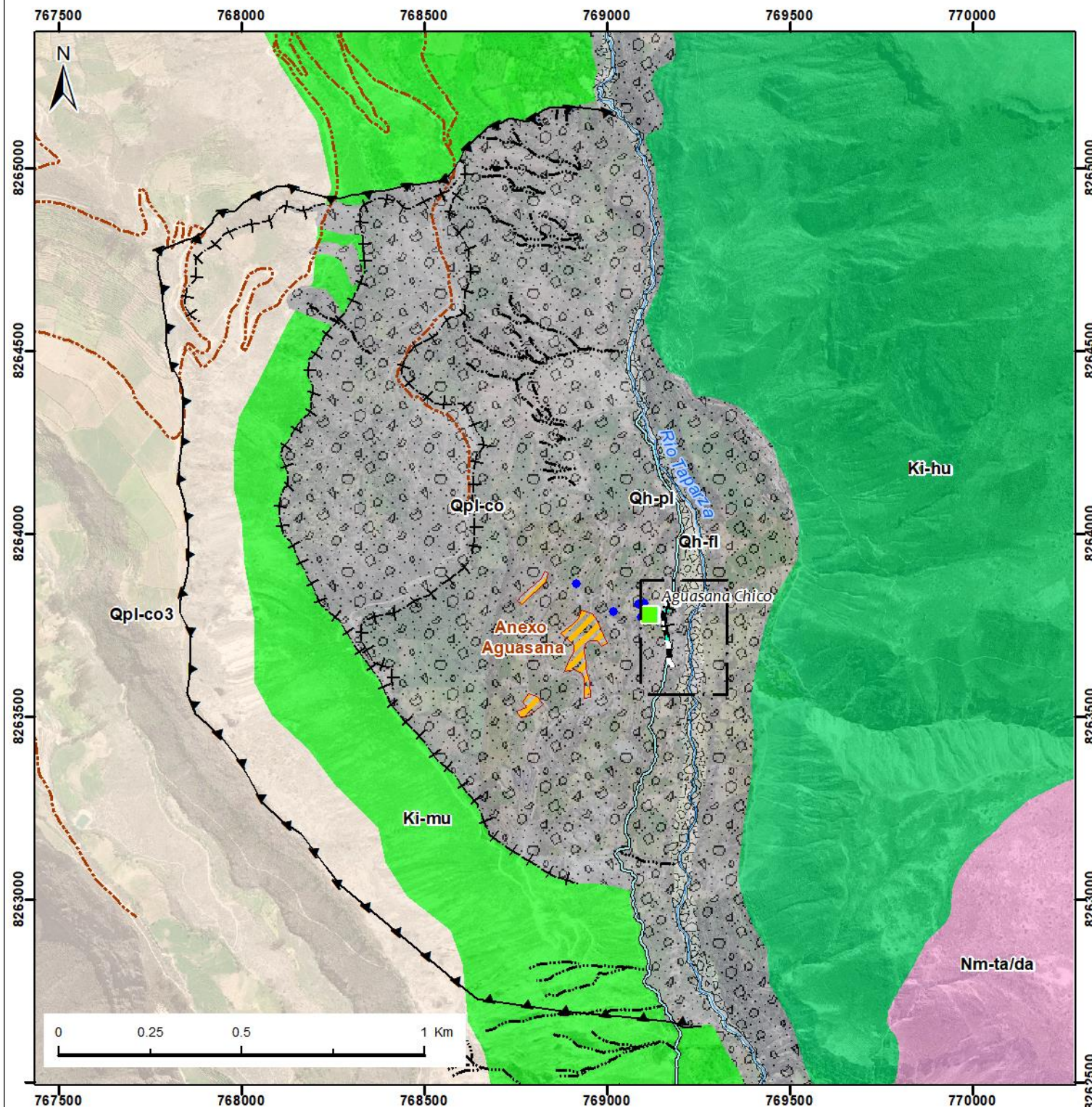
Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017) – *Catalogo de servicios y publicaciones 2023*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/difusion/apps/#p=17>

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 anexo Aguasana y sector Aguasana Chico. Modificado del mapa geológico del cuadrángulo de Huambo y Orcopampa (Hojas 32-r, 31-r).
- Mapa N°2. Pendientes del terreno del anexo Aguasana y sector Aguasana Chico.
- Mapa N°3. Geomorfología del anexo Aguasana y sector Aguasana Chico.
- Mapa N°4. Cartografiado de peligros geológicos del anexo Aguasana.
- Mapa N°4-A. Cartografiado de peligros geológicos del sector Aguasana Chico.



SIMBOLOGIA

- Zona urbana - Anexo Aguasana
- Area de evaluación - Sector Aguasana Chico
- Sector a Evaluar - Aguasana Chico
- Red vial vecinal
- Río Taparza
- Canal de riego Aguasana Chico - Pulviña
- Manantiales
- Corona de Deslizamiento
- Corona de movimiento complejo
- Escarpe
- Cárcavas
- Grietas

LEYENDA

Unidades Litoestratigráficas

- Qh-fl, Depósito Fluvial
- Qh-pl, Depósito Proluvial
- Qpl-co, Depósito Coluvial
- Qpl-co3, Gpo. Barroso
- Nm-ta/da, Dacita
- Ki-mu, Fm. Murco
- Ki-hu, Fm. Hualhuani

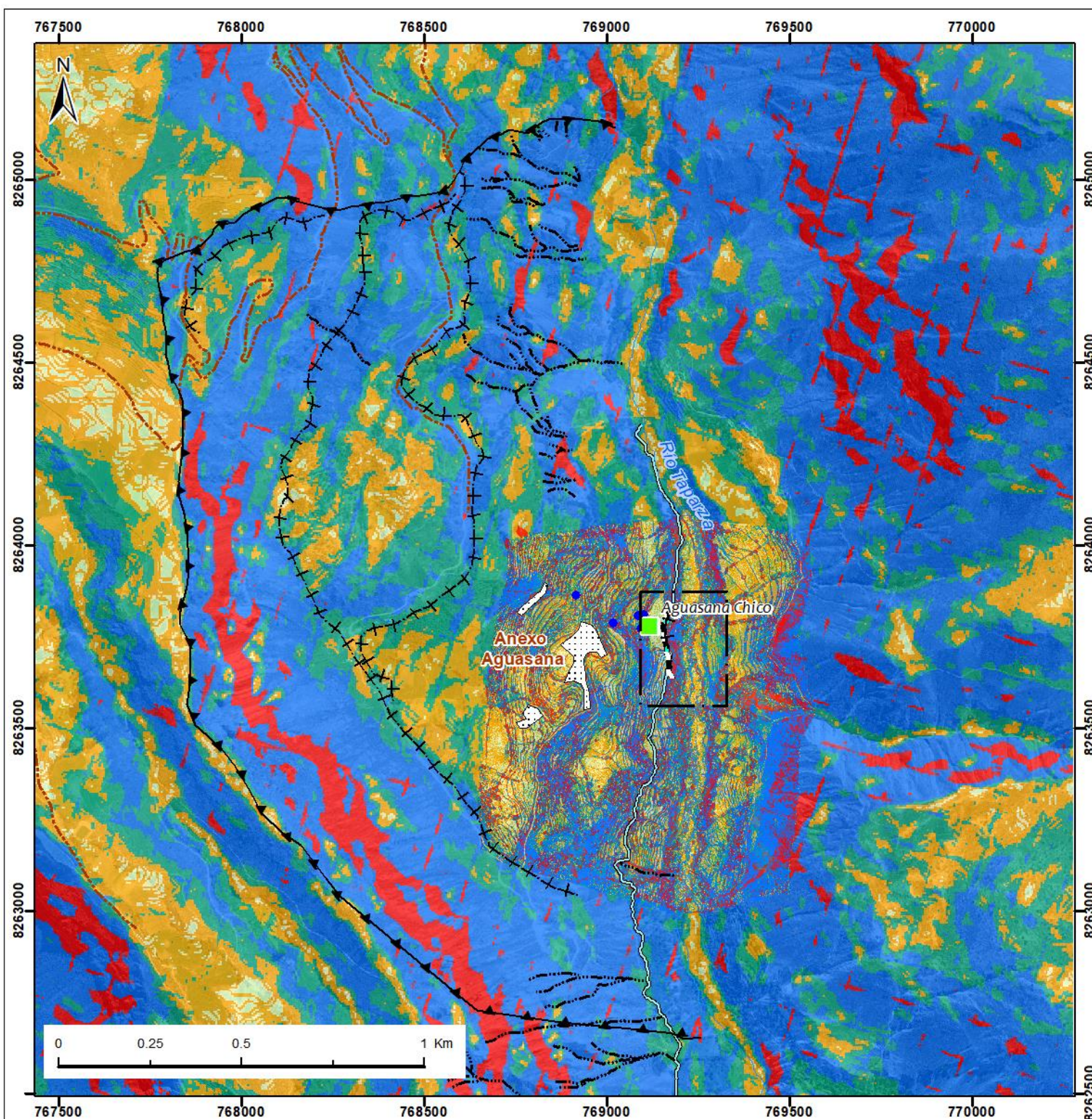
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Castilla
 Distrito Machaguay

GEOLOGÍA DEL ANEXO AGUASANA Y SECTOR AGUASANA CHICO

Escala: 1/15,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Zona urbana - Anexo Aguasana
- Area de evaluación - Sector Aguasana Chico
- Sector a Evaluar - Aguasana Chico
- Red vial vecinal
- Río Taparza
- Canal de riego Aguasana Chico - Pulviña
- Manantiales
- Corona de Deslizamiento
- Corona de movimiento complejo
- Escarpe
- Cárcavas
- Grietas

LEYENDA

Pendiente (Grados)

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



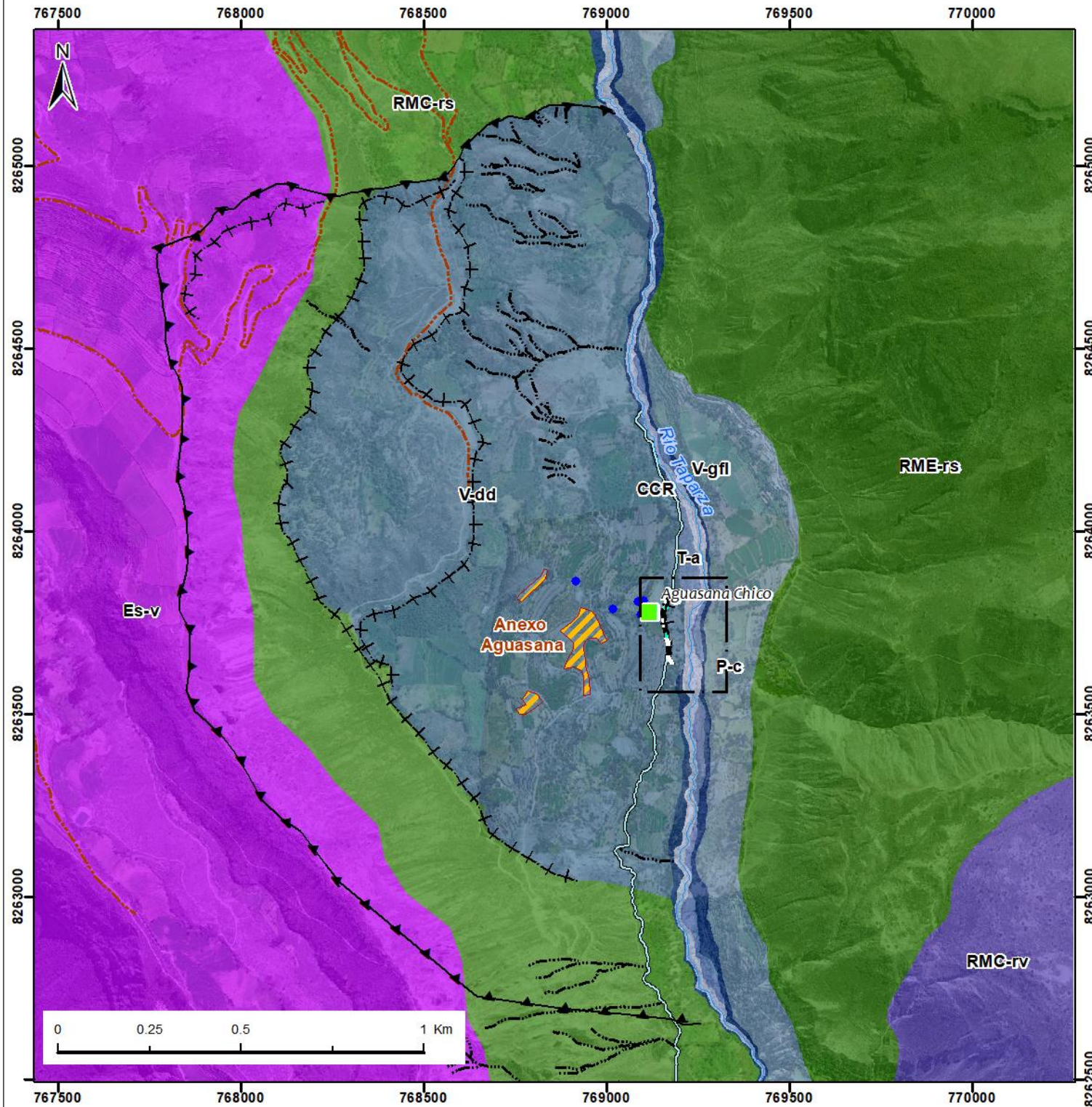
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Castilla
 Distrito Machaguay

PENDIENTES DEL TERRENO DEL ANEXO AGUASANA Y SECTOR AGUASANA CHICO

Escala: 1/15,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Zona urbana - Anexo Aguasana
- Area de evaluación - Sector Aguasana Chico
- Sector a Evaluar - Aguasana Chico
- Red vial vecinal
- Río Taparza
- Canal de riego Aguasana Chico - Pulviña
- Manantiales
- Corona de Deslizamiento
- Corona de movimiento complejo
- Escarpe
- Cárcavas
- Grietas

LEYENDA

Unidades Geomorfológicas

- RME-rs, Montaña estructural en roca sedimentaria
- RMC-rv, Montañas y colinas en roca volcánica
- RMC-rs, Montañas y colinas en roca sedimentaria
- Es-v, Estratovolcán
- V-dd, Vertiente con depósito de deslizamiento
- P-c, Piedemonte coluvial
- V-gfl, Vertiente glacio-fluvial
- T-a, Terraza aluvial
- CCR, Cauce del río

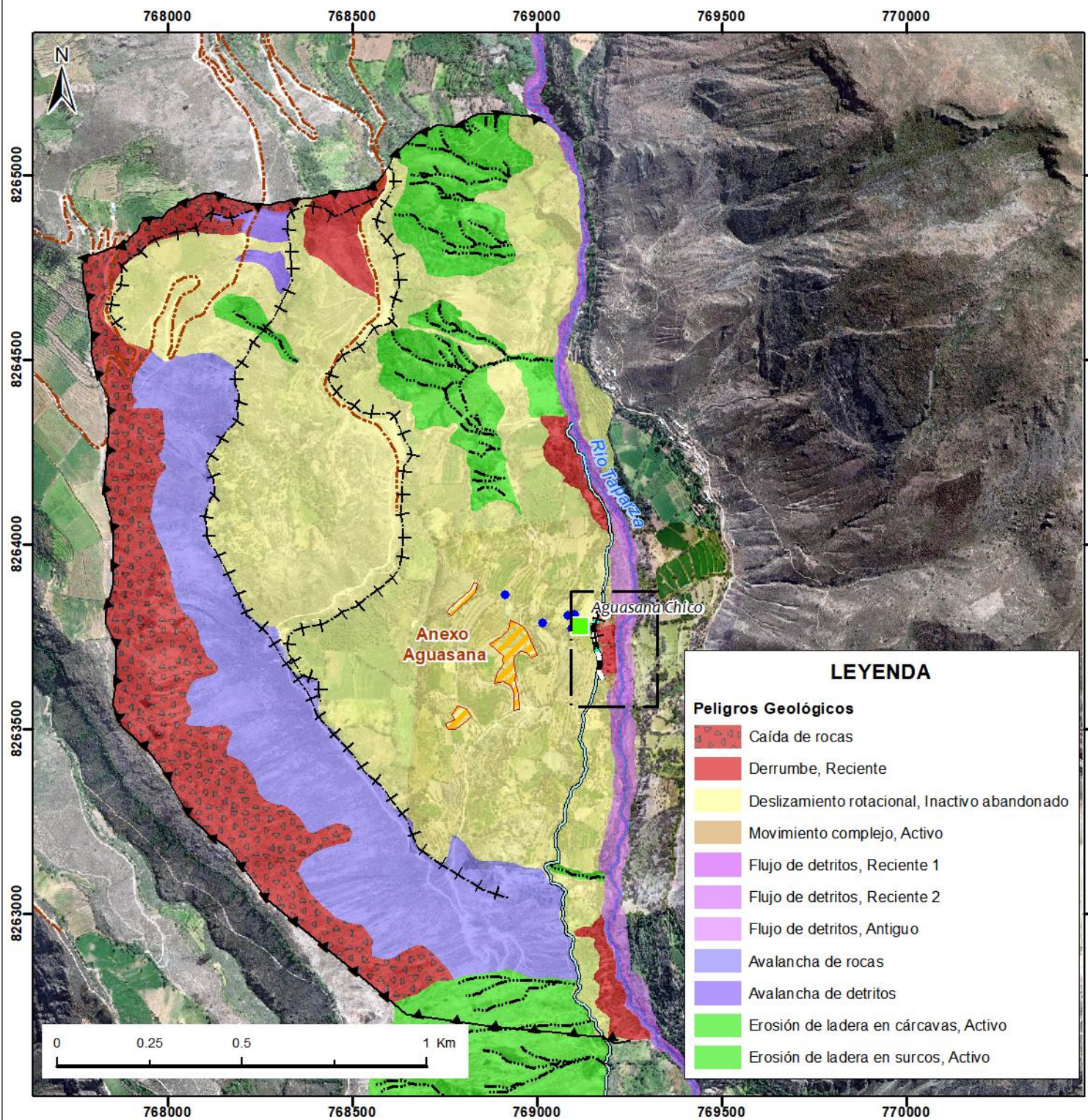

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Castilla
 Distrito Machaguay

GEOFOLGÍA DEL ANEXO AGUASANA Y SECTOR AGUASANA CHICO

Escala: 1/15,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Zona urbana - Anexo Aguasana
- Area de evaluación - Sector Aguasana Chico
- Sector a Evaluar - Aguasana Chico
- Red vial vecinal
- Río Taparza
- Canal de riego Aguasana Chico - Pulviña
- Manantiales
- Corona de Deslizamiento
- Corona de movimiento complejo
- Escarpe
- Cárcavas
- Grietas

LEYENDA

Peligros Geológicos

- Caída de rocas
- Derrumbe, Reciente
- Deslizamiento rotacional, Inactivo abandonado
- Movimiento complejo, Activo
- Flujo de detritos, Reciente 1
- Flujo de detritos, Reciente 2
- Flujo de detritos, Antiguo
- Avalancha de rocas
- Avalancha de detritos
- Erosión de ladera en cárcavas, Activo
- Erosión de ladera en surcos, Activo

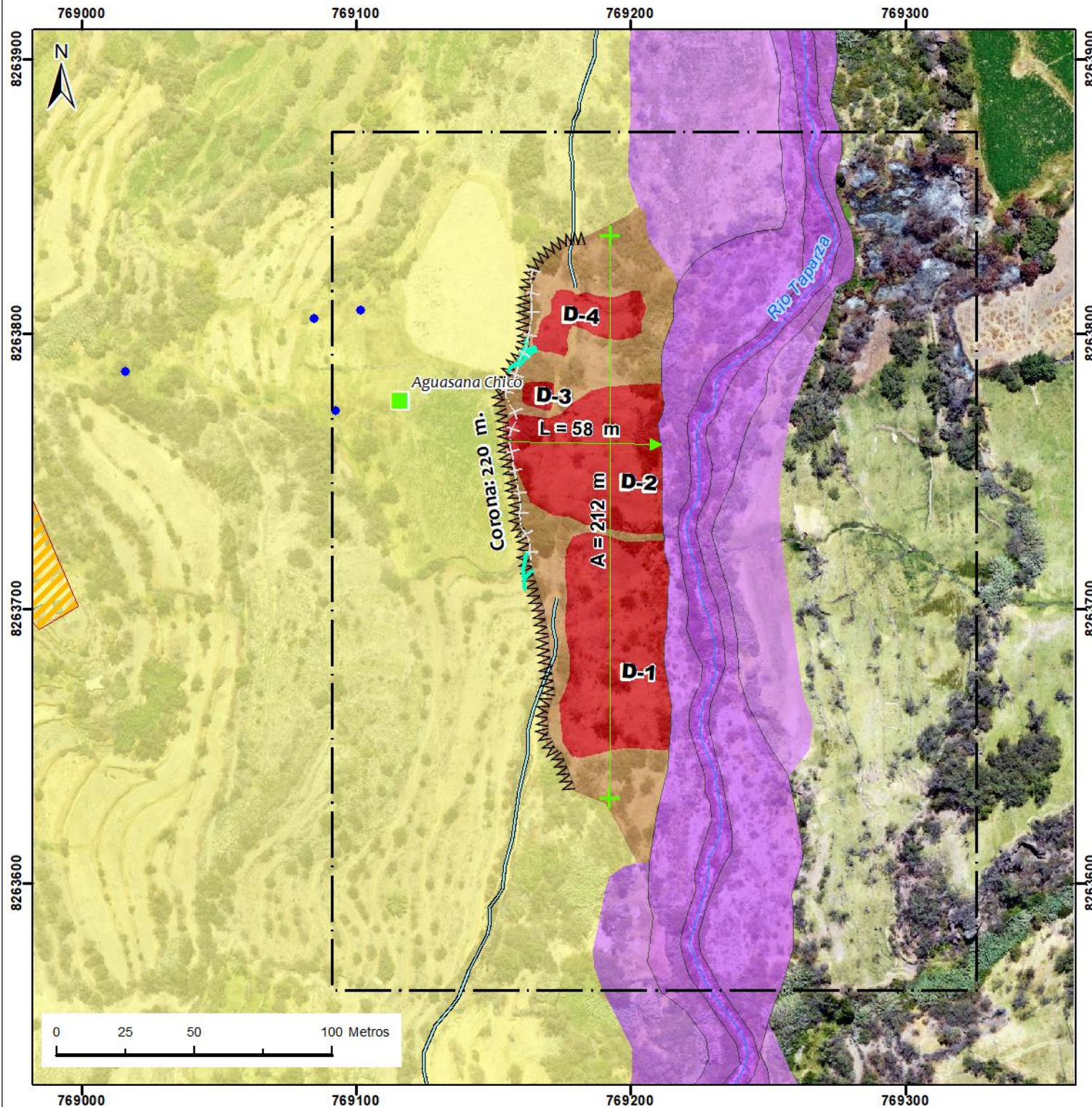
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Castilla
 Distrito Machaguay

CARTOGRAFIADO DE PELIGROS DEL ANEXO AGUASANA

Escala: 1/15,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA 04
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2023		



SIMBOLOGIA

- Area de evaluación - Sector Aguasana Chico
- Zona urbana - Anexo Aguasana
- Sector a Evaluar - Aguasana Chico
- Red vial vecinal
- Río Taparza
- Canal de riego Aguasana Chico - Pulviña
- Manantiales
- Corona de movimiento complejo
- Escarpe
- Grietas
- + Ancho de la superficie de falla
- Longitud del Deslizamiento-Derrumbe

LEYENDA

Peligros Geológicos

- Derrumbe, Reciente
- Deslizamiento rotacional, Inactivo abandonado
- Movimiento complejo (Deslizamiento-Derrumbe), Activo
- Flujo de detritos, Reciente 1
- Flujo de detritos, Reciente 2
- Flujo de detritos, Antigo



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Departamento Arequipa
 Provincia Castilla
 Distrito Machaguay

CARTOGRAFIADO DE PELIGROS DEL SECTOR AGUASANA CHICO

Escala: 1/2,000	Elaborado por: Ccorimanya Bety	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	04-A
Versión digital 2023		