

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7232

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CRUZ PATA, PROPUESTO PARA LA REUBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO MENOR DE ARCATA

Departamento Arequipa
Provincia Condesuyos
Distrito Cayarani



FEBRERO
2022

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR CRUZ PATA,
PROPUESTO PARA LA REUBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO MENOR DE ARCATA***

Distrito de Cayarani, Provincia de Condesuyos, Departamento Arequipa

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

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Hammer Ojeda Chulla

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos en el sector Cruz Pata, propuesto para la reubicación del centro poblado menor de Arcata. Distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa: Ingemmet, Informe Técnico N° A7232, 18p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES	1
1.3. ASPECTOS GENERALES	2
1.3.1. Ubicación	2
1.3.2. Accesibilidad	3
2. DEFINICIONES	3
2.1. CAÍDAS O DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS	3
2.2. EROSIÓN DE LADERAS (CÁRCAVAS)	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	3
3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	4
3.1.1 Formación Alpacabamba (Nm-al)	4
3.1.2 Formación Barroso (NQ-ba/an)	4
3.1.3 Depósitos morrénicos (Qpl-mo) y fluvio-glaciares (Qpl-fg)	5
3.1.4 Depósitos aluviales (Qh-al)	5
3.1.5 Depósitos proluviales (Qh-pr)	6
3.1.6 Depósitos coluviales (Qh-col)	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
4.1. Pendiente del terreno	6
4.2. Unidades geomorfológicas	7
4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	7
4.2.1.1 Unidad volcánica	8
4.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional	8
4.2.2.1 Unidad de Piedemonte	8
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	9
4.1.1 Zona de derrumbes	10
4.1.2 Erosión de laderas en cárcavas	10
5.2. FACTORES CONDICIONANTES	11
5.3. FACTORES DESENCADENANTES	11
6. CONCLUSIONES	12
7. RECOMENDACIONES	12
BIBLIOGRAFÍA	13
ANEXO 1: MAPAS	14

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos realizado en el sector Cruz Pata, distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el contexto litológico, afloran flujos piroclásticos (ignimbrita) moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas; secuencias pseudo estratificadas de ceniza volcánicas, flujos piroclásticos retrabajados y lapilli pómez retrabajada, esta últimas altamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Entre los depósitos cuaternarios, se tienen morrenas, depósitos fluvioglaciares, aluviales, proluviales y coluviales, los cuales se encuentran no consolidados.

Dentro de las subunidades geomorfológicas se observan vertientes o piedemonte aluvial, abanico de piedemonte, vertiente o piedemonte coluvio deluvial, ladera en flujo piroclástico, laguna y cuerpo de agua, vertiente glacio-fluvial y morrenas; éstas últimas con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

Los peligros geológicos identificados en el sector Cruz Pata comprenden movimientos en masa, tipo derrumbes y procesos de erosión de ladera (cárcavas)

Los factores condicionantes determinados en la evaluación corresponden a rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturada; depósitos morrénicos y fluvioglaciares no consolidados, conformados por gravas, arenas y limos, de esta manera los terrenos son fácilmente erosionables. Pendientes de los terrenos, que va de llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), moderados (5° - 15°) en la zona media de las laderas y fuerte (15° - 25°) en la parte alta. En ambas márgenes del río Huisca Huisca se aprecia laderas de pendiente muy fuerte a escapado de (25° – 45°).

El sector Cruz Pata, propuesto para la reubicación del centro poblado menor de Arcata, presenta **Peligro Bajo**, por derrumbes en laderas del río Huisca Huisca y erosión de ladera (Cárcavas) en la parte baja del área propuesto.

El grado de peligrosidad se mantendrá en bajo, siempre en cuando no se alteren las condiciones normales de los suelos y no impacten la zona, generando inestabilidad.

El sector Cruz Pata es apta para la reubicación del centro poblado menor de Arcata. sin embargo, La autoridad local de acuerdo con sus competencias debe emitir una ordenanza municipal para prohibir la construcción de viviendas y/o infraestructura en los cauces de las quebradas.

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 del gobierno regional de Arequipa, según Oficios N°222-2021-GRA/ORDNDC y N°261-2021-GRA/ORDNDC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector cruz Pata, para reubicación del centro poblado menor de Arcata.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Yhon Soncco y Hammer Ojeda, realizar la evaluación geológica, geomorfológica, y de los peligros geológicos que podrían afectar el área propuesta para la reubicación del Centro Poblado Menor Arcata. Los trabajos de campo se realizaron del 13 al 16 de julio del 2021.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Arequipa, Oficina de INDECI y COER - Arequipa, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos en el sector Cruz Pata, centro poblado menor de Arcata.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

- a) Caldas (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 46, 62 p. La Formación Alpabamba, en el sector norte del cuadrángulo de Orcopampa, muestra su mejor exposición en los alrededores de la estancia Challahuire (5 km. al Oeste de Arcata), desde donde se prolonga al sureste, a lo largo de una franja con N 70 O aproximadamente, pasando por las inmediaciones de las lagunas Corococha y Machucocha
- b) Díaz & Lajo (2001). Actualización de Mapa geológico del cuadrángulo de Orcopampa (Hoja 31-r). INGEMMET. En el mapa se evidencia la geología en los alrededores del centro poblado menor de Arcata, cuya descripción fue publicada años más tarde, en la publicación de Salas, et al. (2003).

- c) Salas et al. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chulca (30-q), Cayarani (30-r), Cotahuasi (31-q) y Orcopampa (31-r); identificaron circos glaciares la parte superior de las lagunas de Arcata y Huisca Huisca.
- d) Villacorta et al. (2012). Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. El sector cruz pata se ubica en la zona de susceptibilidad moderada.

1.3. ASPECTOS GENERALES

1.3.1. Ubicación

El sector Cruz Pata, se localiza en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa (figura 1), en las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del sector Cruz Pata

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	794151.00	8335261.06	15° 2'29.38"S	72° 15'51.41"O
2	792730.11	8335309.09	15° 2'28.39"S	72° 16'38.96"O
3	792772.00	8336768.00	15° 1'40.94"S	72° 16'38.16"O
4	794195.00	8336724.02	15° 1'41.80"S	72° 15'50.54"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Arcata	793458.97	8336042.91	15° 2'4.24"S	72° 16'14.88"O

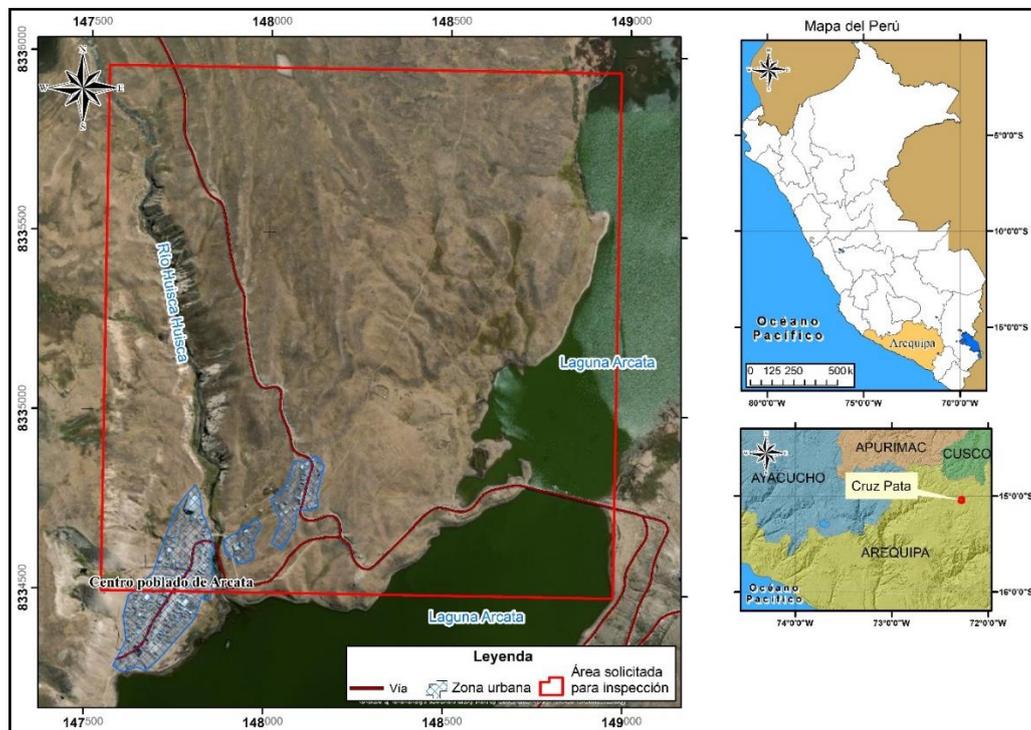


Figura 1. Ubicación del sector Cruz Pata en el centro poblado menor de Arcata.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso al sector Cruz Pata en el centro poblado Arcata, es por vía terrestre, partiendo desde la sede del Ingemmet OD-Arequipa, mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa - Aplao	Asfaltada	177	3 h 7 min
Aplao – Viraco	Asfaltada	77.3	1 h 55 min
Viraco - Orcopampa	Trocha carrozable	98	1 h 51 min
Orcopampa - Arcata	Trocha carrozable	43	1 h 20 min

2. DEFINICIONES

2.1. CAÍDAS O DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento, Varnes, (1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada. Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

2.2. EROSIÓN DE LADERAS (CÁRCAVAS)

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elabora teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Orcopampa 31-r_VI a escala 1:100000, Lajo & Días (2001)

3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en inmediaciones del Centro Poblado Menor de Arcata corresponden a formaciones volcánicas de la unidad Alpabamba (Nm-al) y Barroso (NQ-ba/an), coberturadas por depósitos cuaternarios; entre los cuales se tiene a los morrénicos (Qpl-mo), fluvioglaciares (Qpl-fg), aluviales (Qh-al), proluviales (Qh-pr) y coluviales (Qh-col) modificado de Salas et al. (2003). (anexo 1 - mapa 1).

3.1.1 Formación Alpabamba (Nm-al)

Nombrado por Olchauski, (1994). Es una unidad que se encuentra rellenando un paleorelieve aparentemente, muy accidentado y labrado, Salas et al. (2003). La Formación Alpabamba aflora en inmediaciones del poblado de Arcata, a 500 m al Norte de la zona urbana, tiene una potencia de 90 m en la base está conformado por un nivel importante de corriente de densidad piroclástica de 70 m de potencia (figura 2) el cual presenta una coloración blanquecina con fragmentos líticos erráticos de hasta 3 cm de color gris oscuros, las pómez son centimétricos, con pocas vesículas. Este nivel se encuentra moderadamente meteorizadas y medianamente fracturada.

Por encima se observa la secuencia pseudo estratificada de niveles de ceniza volcánica, con facies retrabajadas de corrientes de densidades piroclásticas y lapilli pómez retrabajada, el cual posee 20 m de espesor. Salas et al. (2003) llama a estas secuencias cineritas. Este nivel se encuentra altamente meteorizada y medianamente fracturada.

Hacia el tope de la Formación Alpabamba se aprecia un nivel de 2 a 4 m completamente meteorizado e hidrotermalizado, aparentemente ocasionado por el contacto con las lavas de la Formación suprayacente.



Figura 2. Afloramiento de la Formación Alpabamba. (coordenadas UTM E: 792685, N: 8335369).

3.1.2 Formación Barroso (NQ-ba/an)

Nombrado así por Wilson (1962). Son afloramientos aislados, se encuentran por la mitad Norte del cuadrángulo de Orcopampa, Salas et al. (2003). La Formación Barroso aflora en inmediaciones de Arcata, en la parte alta del reservorio de toma de agua del Centro Poblado Menor de Arcara, tiene una potencia de 100 m en la zona se aprecia formando las crestas de los cerros más elevados.

En este sector, descansa directamente sobre la Formación Alpbamba, en el contacto se aprecia un nivel totalmente alterado e hidrotermalizado.

Se trata de lavas andesíticas porfíricas con cristales de plagioclasa que alcanzan entre 2 a 3 mm de tamaño, los anfíboles se encuentran alterados. Las lavas se presentan formando disyunción columnar, el cual disminuye desde la base al tope, en algunos sectores se pueden observar disyunciones columnares radiales. Las lavas se encuentran ligeramente meteorizadas y medianamente fracturadas.

3.1.3 Depósitos morrénicos (Qpl-mo) y fluvioglaciares (Qpl-fg)

Están constituidos por materiales resultantes de la destrucción mecánica de las rocas por el glaciar en movimiento y por materiales sueltos provenientes de las laderas montañosas, Salas, et al (2003).

Este tipo de depósitos están ubicado al noreste de la zona urbana del centro poblado menor de Arcara (figura 3). Está conformado por bloques polilitológicos, gravas, arenas y limos; el depósito se encuentra no consolidado.



Figura 3. Morrenas en el sector Cruz Pata. (coordenadas UTM E: 792685, N: 8335369).

3.1.4 Depósitos aluviales (Qh-al)

Se considera dentro de este grupo a los materiales que conforman, terrazas de ríos y quebradas, así como conos aluviales, que en muchos de los casos es difícil de representar gráficamente en los mapas por efectos de escala. Los depósitos de terrazas pueden presentar cierto grado de consolidación y están sujetos a procesos de erosión fluvial.

Los depósitos aluviales afloran en gran parte del centro poblado menor de Arcata, están formando una cobertura de pocos metros, está conformado por bloques, gravas, arenas y limos, los bloques presentan formas redondeadas a subredondeadas. Las formas más o menos redondeadas de los fragmentos de roca dependen de las distancias que han sido transportados.

Los depósitos aluviales se presentan no consolidado. La mayoría de los movimientos en masa en el centro poblado menor de Arcata se generan en depósitos aluviales.

3.1.5 Depósitos proluviales (Qh-pr)

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvia, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección en su desembocadura. Constituidos por gravas, arenas y limos; estos depósitos se ubican próximos al reservorio de agua y la zona urbana del centro poblado menor de Arcata (figura 5). El depósito se encuentra no consolidado.

3.1.6 Depósitos coluviales (Qh-col)

Material originado por la acción de la gravedad. Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007)

Los depósitos coluviales se acumulan en vertientes o márgenes de los valles, como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos (figura 2). En conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (huaicos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones detonadas por precipitaciones pluviales o al realizar modificaciones en sus taludes naturales.

Los depósitos coluviales se encuentran conformados por bloques rocosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea, los bloques angulosos más gruesos se depositan en la base y los tamaños menores (arenas y limos) disminuyen gradualmente hacia el ápice. Son sueltos poco cohesivos, conforman taludes de reposo poco estables. Los principales agentes formadores son el intemperismo, la gravedad, movimientos sísmicos, derrumbes y vuelcos.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendiente del terreno

Las pendientes de los terrenos en el área evaluada, varía desde llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), una zona media de laderas con un cambio a terrenos moderados (5° - 15°). En la parte alta es fuerte (15° - 25°), (figuras 4). En ambas márgenes del río Huisca Huisca se aprecian pendiente muy fuerte a escapado de (25° – 45°). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 12.5 m, tomado del portal EARTH-DATA - Alaska Satellite Facility Distributed (ASF DAAC) de la NASA (anexo 1 - mapa 2).

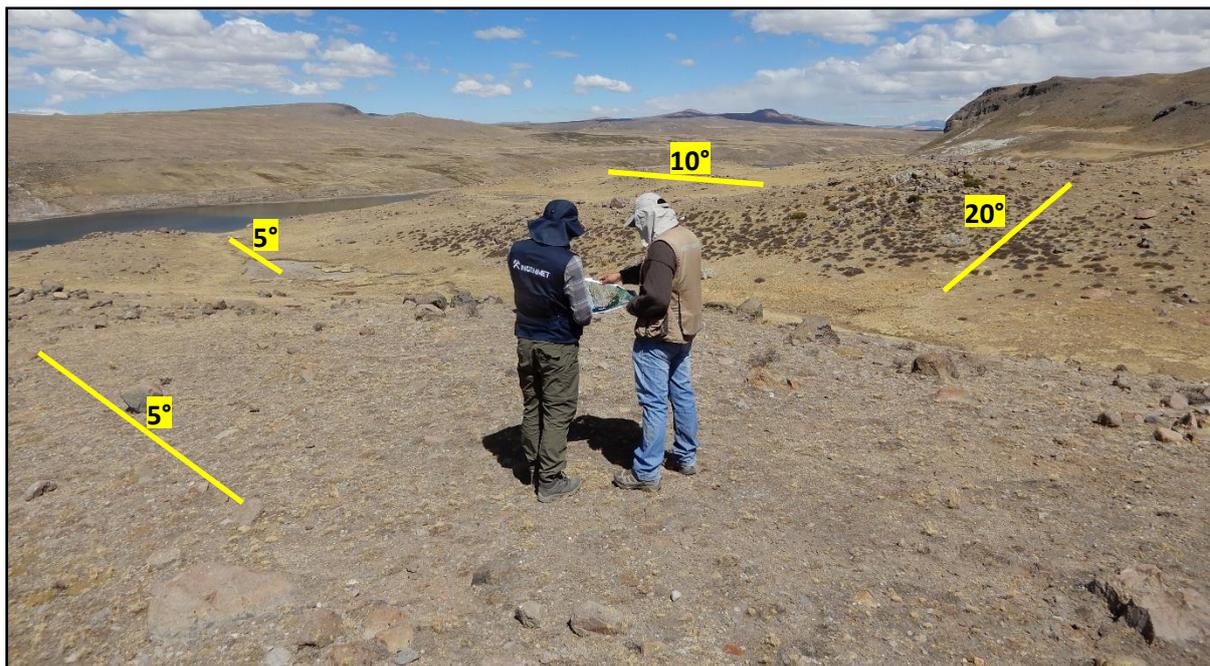


Figura 4. El texto con color amarillo muestra las distintas pendientes en Arcata, (coordenadas UTM E: 792364, N: 8335193)

Cuadro 3. Clasificación de pendientes.

Rangos de pendientes del terreno (°)	CLASIFICACIÓN
<1	Llano
1 – 5	Suavemente inclinado
5 – 15	Moderado
15 – 25	Fuerte
25 – 45	Muy fuerte a escapado
>45	Muy escarpado

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Geoformas de carácter tectónico degradacional o denudativos
- Geoformas de carácter agradacionales o depositacionales

La evolución del relieve en Arcata, se presenta en el mapa geomorfológico.

La evolución del relieve en el sector Cruz Pata, se presenta en el mapa geomorfológico (revisar anexo 1 - mapa 3).

4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total

de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes, Villota, (2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades:

4.2.1.1 Unidad volcánica

En esta unidad se agrupan a los paisajes generados por la actividad volcánica y por sus productos, los cuales han sufrido en diversos grados los efectos de la denudación pero que todavía conservan rasgos definidos de sus formas iniciales, Gomez & Pari (2020).

Coladas o campo de lavas basalto-andesíticas (Ca-la): Formas alargadas con lóbulos frontales de corto recorrido se asocian a lavas "lavas en bloques tipo aa", Zavala (2016).

En el centro poblado menor de Arcata esta subunidad está representado por relieves formados por lavas ubicadas en la parte alta de la zona urbana del Centro Poblado Menor de Arcata.

Ladera con flujo piroclástico (L-fp): Está representado por laderas conformado por depósitos potentes de flujos piroclásticos.

Esta unidad se ubica en las márgenes del río Huisca Huisca

4.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

4.2.2.1 Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las unidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Morrenas (Mo): Comprende geoformas convexas suaves y alargadas, producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glacial, durante el Pleistoceno-Holoceno, a las cuales se les denomina morrenas; las cuales son acumulación de material heterométrico, se tienen tamaños de gravas con formas angulosas, bloques, arenas, dispuestas sin estratificación en abundante matriz de limo y arcilla, Gomez & Pari (2020). En el centro poblado menor de Arcata este depósito se encuentra no consolidado; están distribuidas a 500 metros al noreste de la zona urbana del centro poblado.

Vertiente glacio-fluvial (V-gfl): Subunidad geomorfológica formada por la acumulación de materiales de origen glacial, los cuales han sido transportados y redepositados por escorrentías formadas por el deshielo del glaciar o por precipitaciones pluviales que se concentran; forman cursos de agua y transportan los materiales sueltos, Gomez & Pari (2020). En el centro poblado menor de Arcata este depósito se encuentra no consolidado; esta unidad está distribuida a 1500 metros al noreste de la zona urbana del centro poblado.

Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): Formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial; se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales. Estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles, Gomez & Pari (2020). En el centro poblado menor de Arcata esta unidad está distribuida en inmediaciones del Centro Poblado Menor de Arcata, en las partes bajas de los acantilados formados por los flujos piroclásticos y los flujos de lava.

Vertiente o piedemonte aluvial (V-al): Es una planicie inclinada a ligeramente inclinadas y extendidas, posicionadas al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, que pueden formar abanicos debido al movimiento lateral-cíclico del curso de los ríos o quebradas que los originan; la pendiente de estos depósitos es suaves a moderadas (1°-15°), Gomez & Pari (2020). En el centro poblado menor de Arcata viene representado por relieves ubicados al pie de las laderas de los cerros; está distribuida en inmediaciones de la zona urbana.

Abanico de piedemonte (Ab): Son conoides o abanicos de baja pendiente hacia el valle (2°- 15°), formadas por acumulaciones de material acarreado por flujos, en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas, que se activan excepcionalmente con la presencia del fenómeno de El Niño, que es cuando acarrear y depositan material, Gomez & Pari (2020). En el centro poblado menor de Arcata esta unidad está distribuida en inmediaciones del reservorio de agua del Centro Poblado Menor de Arcata.

Laguna y cuerpos de agua (Lg/ca): Dentro de esta unidad se reúnen a todos los cuerpos de agua de origen natural (ríos y lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo, Gomez & Pari (2020). En el centro poblado menor de Arcata esta unidad está representada por la laguna Arcata y Huisca Huisca.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el área evaluada corresponden derrumbes y procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas, (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Este es el resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la cordillera de los Andes por procesos de glaciación, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos. Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Como factores “detonantes” se tiene a las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en el área; así como, la actividad sísmica.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

En el sector Cruz Pata se identificó derrumbes y procesos de erosión de ladera en cárcavas (revisar anexo 1 - mapa 4).

4.1.1 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan a lo largo del río que une las lagunas Huisca Huisca y Arcata. En ambos márgenes, afloran depósitos de corrientes piroclásticas, localmente llamado sillar; los cuales se presentan moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas; la erosión fluvial, socaba las bases de ambos márgenes, dejándolos sin soporte (figura 5).



Figura 5. Zona de derrumbes en Arcata. (coordenadas UTM E: 792489., N: 8335672).

4.1.2 Erosión de laderas en cárcavas

Los procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas en el sector Cruz Pata, se presentan en las laderas compuestas por depósitos morrénicos. Las cárcavas poseen ancho hasta 2 m y profundidades entre 0.5 a 1 m (figura 6).



Figura 6. Erosión de ladera en cárcavas en el sector Cruz Pata. (coordenadas UTM WGS84 223212E, 8274076N)

5.2. FACTORES CONDICIONANTES

- Presencia de rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturada de la formación Alpbamba, depósitos morrénicos y fluvio-glaciares no consolidados, conformados por gravas, arenas y limos, de esta manera los terrenos son fácilmente erosionables.
- Las pendientes de los terrenos el cual varía desde llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), en la zona media de las laderas se tiene un cambio a terrenos moderados (5° - 15°), en la parte alta es fuerte (15° - 25°).

5.3. FACTORES DESENCADENANTES

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el periodo de lluvia en la sierra de Perú se da en los entre los meses de diciembre a abril; donde las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material inestable y las fuerzas tendentes al desplazamiento.

6. CONCLUSIONES

1. En el sector Cruz Pata y alrededores, afloran secuencias volcánicas de flujo piroclástico (ignimbrita) moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, y secuencias pseudo estratificadas de ceniza volcánicas, flujos piroclásticos retrabajados y lapilli pómez retrabajada, altamente meteorizado y medianamente fracturadas, sobre las cuales se presentan en cinco sectores de derrumbes y dos erosiones de laderas.
2. Las pendientes de los terrenos varían de llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), en la zona media de las laderas se tiene un cambio a terrenos moderados (5° - 15°), en la parte alta es fuerte (15° - 25°). En ambas márgenes del río Huisca Huisca se aprecia laderas de pendiente muy fuerte a escapado de (25° – 45°), donde se observan derrumbes.
3. El sector Cruz Pata, se considerada de **Peligro Bajo**, sin embargo, se han encontrado procesos de erosión de laderas (cárcavas) y derrumbes en las márgenes del río Huisca Huisca, identificados en dos y cinco sectores respectivamente.
4. El sector Cruz Pata es apta para la reubicación del centro poblado menor de Arcata. El grado de peligrosidad se mantendrá en bajo, siempre en cuando no se alteren las condiciones normales de los suelos y no impacten la zona, generando inestabilidad.

7. RECOMENDACIONES

1. Canalizar la quebrada ubicada en la coordenada UTM WGS84 223212E, 8274076N, para evitar afectación de las viviendas ubicadas en la parte baja del sector Cruz Pata.
2. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
3. La autoridad local de acuerdo con sus competencias debe emitir una ordenanza municipal para prohibir la construcción de viviendas y/o infraestructura en los cauces de las quebradas.
4. En la zona de reubicación antes de ser ocupada por la población se deben realizar lo siguiente:
 - a) Realizar un estudio de suelos, con la finalidad de determinar el tipo de cimentación de las futuras viviendas.
 - b) Forestar la zona, con la finalidad de darle estabilidad al terreno.
 - c) Realizar canales de drenaje pluvial, para evitar la infiltración de agua al terreno.
 - d) La red de agua y desagüe debe estar en buenas condiciones, para evitar la filtración de agua al subsuelo.


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


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

BIBLIOGRAFÍA

- Caldas, J. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 46, 62 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2056>
- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The análisis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.
- Dias, J. & Lajo, A. (2001). Actualización de Mapa geológico del cuadrángulo de Orcopampa (Hoja 31-r). INGEMMET. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2054>
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.
- OLCHAUSKI, E. & DÁVILA, D. (1994) - Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 50, 52 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/171>
- 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.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 176, p. 9-33
- Salas, G., et al (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chulca (30-q), Cayarani (30-r), Cotahuasi (31-q) y Orcopampa (31-r), escala 1:100 000. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2054>
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.
- Villacorta et al. (2012). Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/694>
- WILSON, J.J. & GARCÍA, W. (1962) - Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Com. Carta Geol. Nac., Boletín, 4, 81 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/114>

ANEXO 1: MAPAS

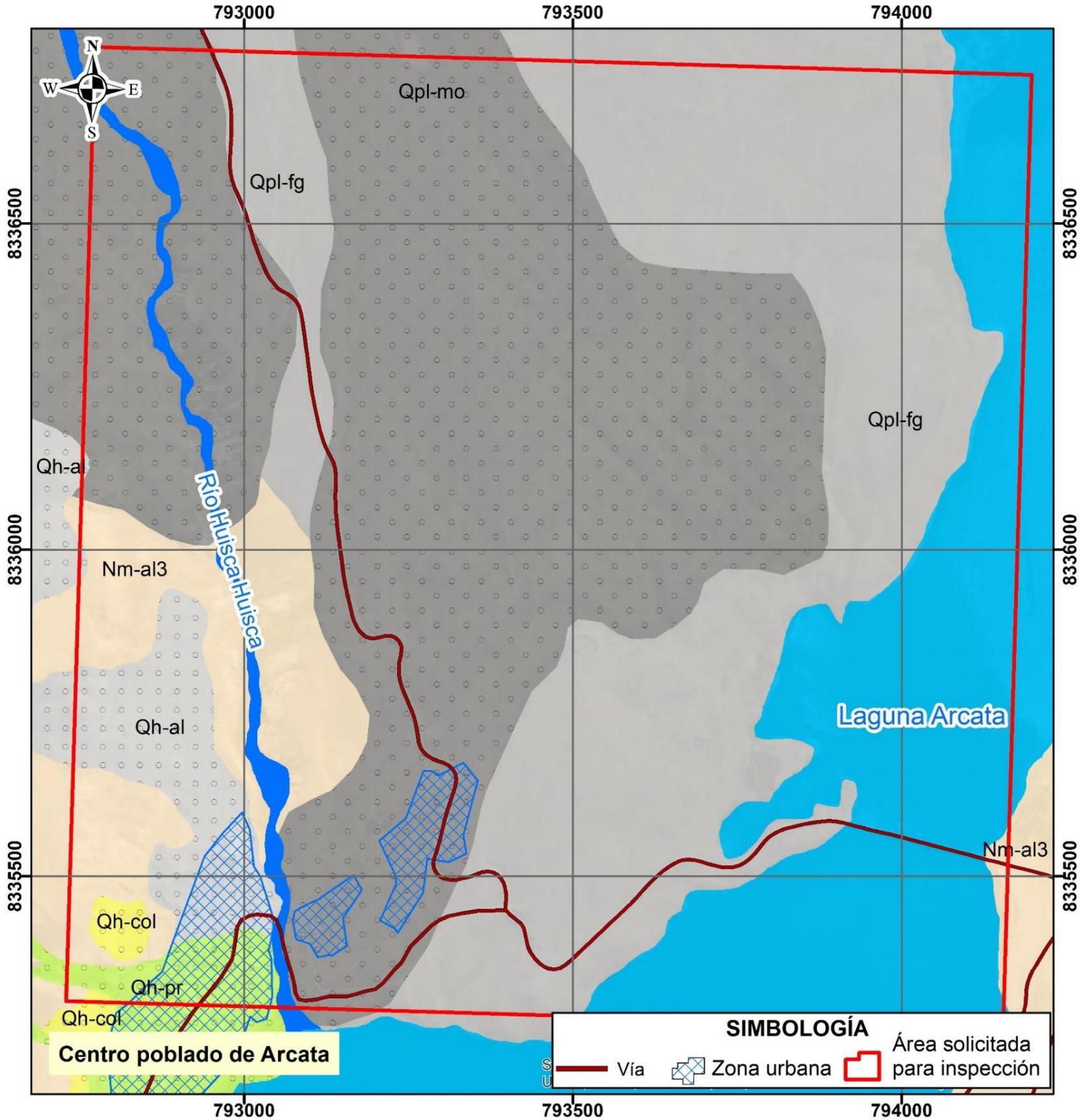
Se presenta los siguientes mapas:

Mapa 1. Geología del sector Cruz Pata (modificado de Lajo & Días (2001))

Mapa 2. Pendientes del sector Cruz Pata

Mapa 3. Geomorfología del sector Cruz Pata, tomado de la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet

Mapa 4. Mapa de cartografía de peligros geológicos del sector Cruz Pata



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO DEL SECTOR CRUZ PATA EN EL CENTRO POBLADO MENOR DE ARCATA

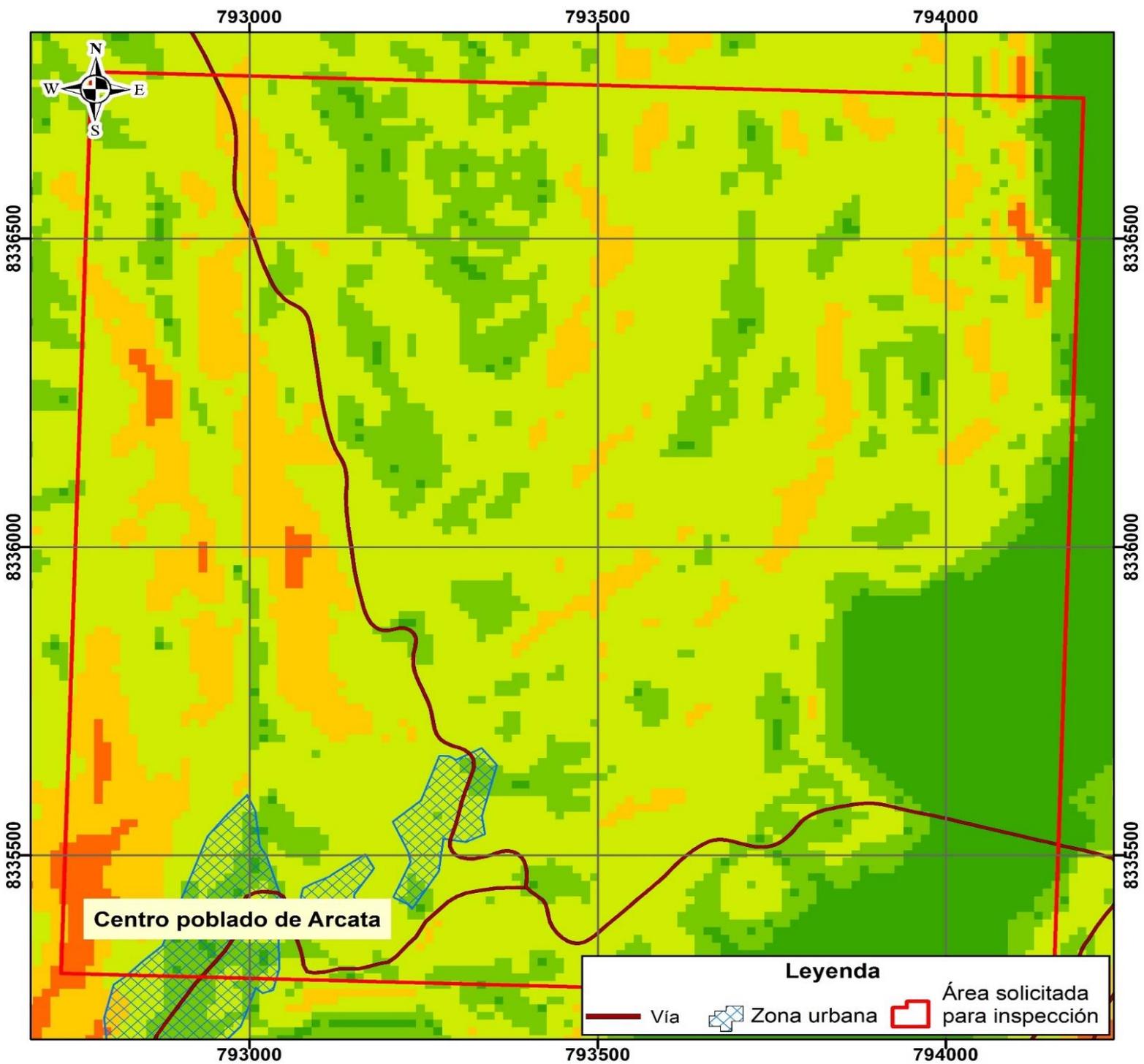
Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 18S

Escala 1:8,000
 0 62.5 125 250 m

Mapa N°1

LEYENDA

Qh-col	Acumulación gravitacional de bloques polilitológicos, con poco transporte
Qh-pr	Acumulación en abanicos de gravas, arenas y limos
Qh-al	Gravas, arenas y limos cubiertos por vegetación
Qpl-fg	Gravas en matriz arenosa
Qpl-mo	Fragmentos volcánicos en matriz limo arcillosa
Nm-al3	Tobas retrabajadas, arenas tobáceas y cineritas estratificadas

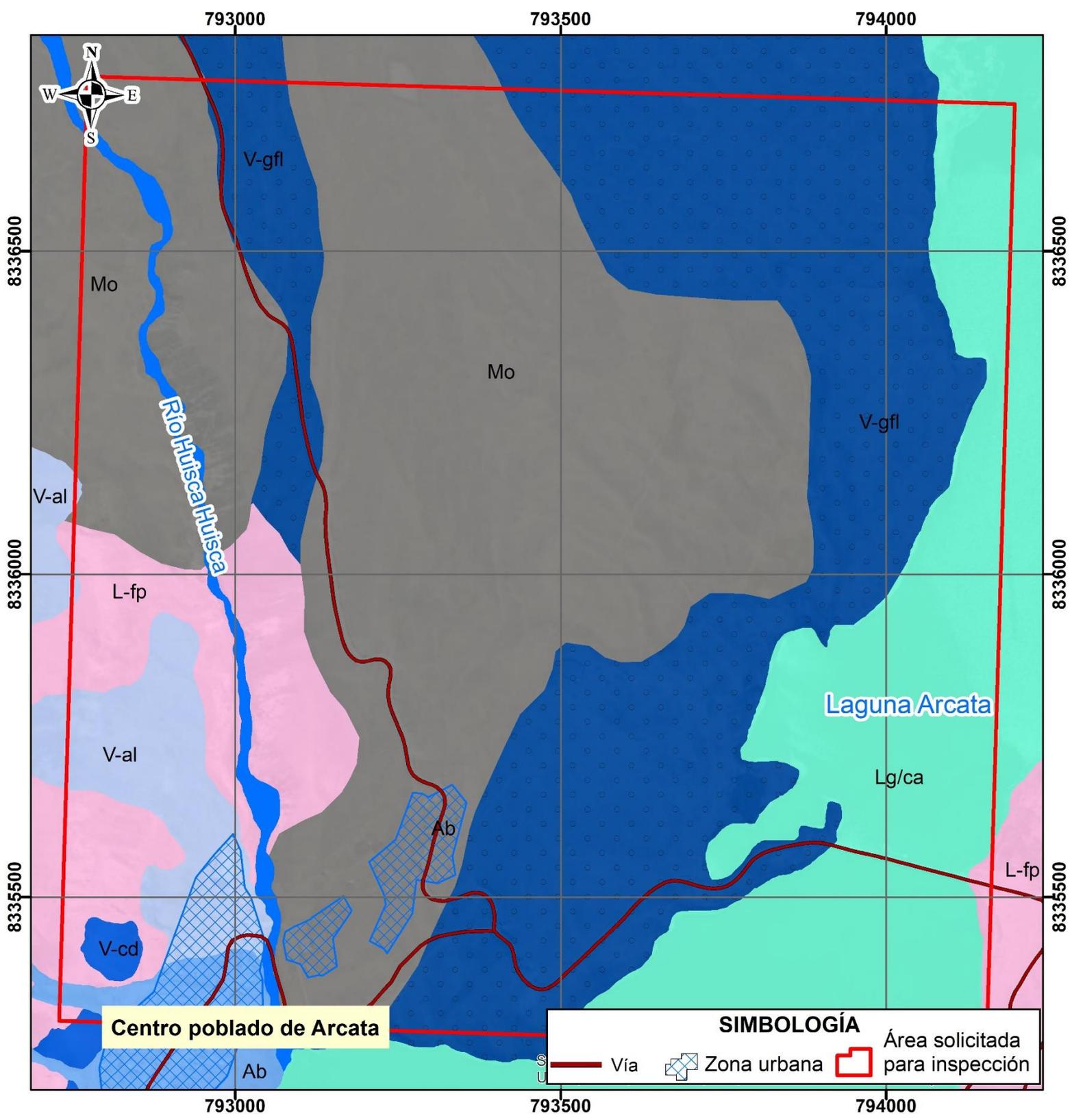


Leyenda

- Vía
- Zona urbana
- Área solicitada para inspección

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO</p>		
<p>MAPA DE PENDIENTES DEL SECTOR CRUZ PATA</p>		
Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 18S	Escala 1:8,000 0 55 110 220 m	Mapa N°2

Pendientes (Grados)	
	< 1 Llano
	1 - 5 Suavemente inclinado
	5 - 15 Moderado
	15 - 25 Fuerte
	25 - 45 Muy fuerte
	> 45 Muy escarpado



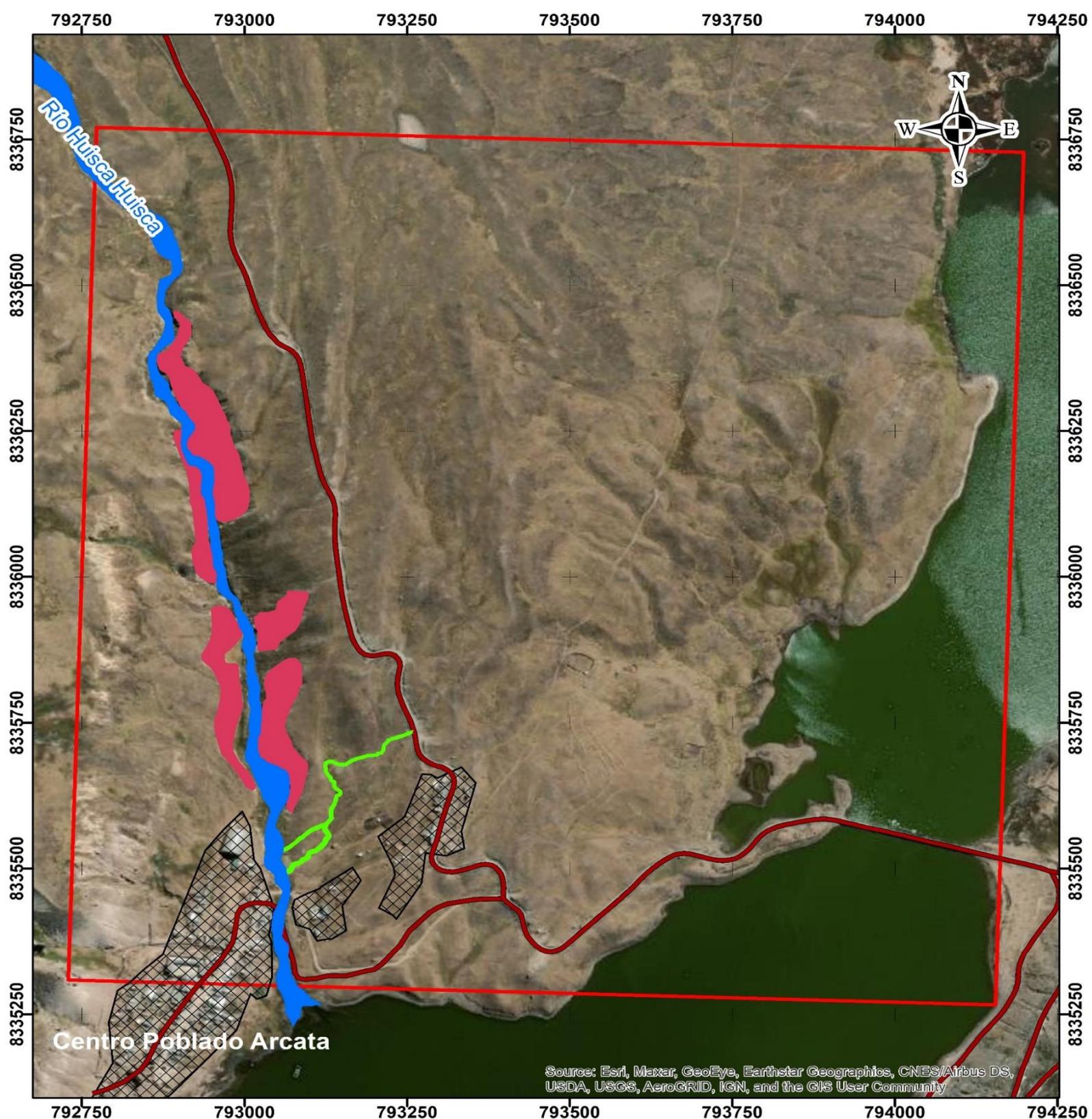
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL SECTOR CRUZ PATA EN EL CENTRO POBLADO MENOR DE ARCATA

Proyección UTM	Escala 1:8,000	Mapa N°3
Datum WGS 84	0 62.5 125 250	
Zona 18S	m	

LEYENDA

Mo	Morrenas
V-gfl	Vertiente glacio-fluvial
Lg/ca	Laguna y cuerpos de agua
L-fp	Ladera en flujo piroclástico
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio deluvial
Ab	Abanico de piedemonte
V-al	Vertiente o piedemonte aluvial



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL SECTOR CRUZ PATA

Proyección UTM	Escala 1:8,000	Mapa N° 4
Datum WGS 84	0 62.5125 250	
Zona 18S	 m	

Peligros geológicos

-  Derrumbes
-  Erosión de ladera (cárcavas).

Simbología

-  Trocha carrozable
-  Zona Urbana