

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7329

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CENTRO POBLADO CHUCHUHUASI

Departamento Cajamarca
Provincia San Ignacio
Distrito Chirinos



DICIEMBRE
2022

***EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CENTRO
POBLADO CHUCHUHUASI***

(Distrito Chirinos, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca)

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

Equipo de investigación:

*Luis Miguel León Ordáz
Anthony Wilson Zavaleta Paredes*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el centro poblado Chuchuhuasi, distrito Chirinos, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7329, 38p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos del estudio	5
1.2 Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3 Aspectos generales.....	8
1.3.1 Ubicación	8
1.3.2 Accesibilidad	8
2. DEFINICIONES.....	9
3. ASPECTO GEOLÓGICO	13
3.1 Unidades litoestratigráficas	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	17
4.2 Modelo digital de elevaciones (MDE)	18
4.3 Pendiente del terreno.....	18
4.4 Unidades Geomorfológicas	21
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	22
5.1 Caída de rocas.....	23
5.1.1 Características visuales del evento	23
5.1.2 Factores condicionantes	24
5.1.3 Factores desencadenantes	26
5.2 Daños	27
6. CONCLUSIONES	30
7. RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXO 1. MAPAS.....	33
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	38

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado Chuchuhuasi, distrito Chirinos, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En la zona afloran calizas micríticas de color gris claro en capas macizas, poco fracturadas y ligeramente meteorizadas; también se tienen margas y lutitas de color gris finamente estratificadas con nódulos calcáreos, de color beige claro; además se identificó un depósito coluvio – deluvial, constituido por fragmentos de roca subredondeados y subangulosos de caliza distribuidos de manera heterogénea, en matriz limoarcilloso de fácil erosión.

Las geoformas identificadas corresponden a montaña estructural en roca sedimentaria, que presenta laderas muy escarpado ($>45^\circ$), y bajo ésta se tiene la vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), con pendiente escarpada (25° - 45°); también se identificó la geoforma terraza fluvial con pendiente suave (1° - 5°).

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de caída de rocas son: a) ladera con pendiente escarpada a muy escarpada (25° - $>45^\circ$), b) corte de talud para construcción de vía terrestre, favorece la inestabilidad y c) disposición de una familia de fracturas a favor de la pendiente d) roca poca fracturada a medianamente fracturada, que origina fragmentos de roca con diámetros de 0.20 m y 3 m, e) fracturamiento abierto que permite la filtración de agua, e) riego de terrenos de cultivos por inundación en la parte superior que favorece la infiltración de agua, esto aumenta la inestabilidad del macizo rocoso.

En el centro poblado Chuchuhuasi se identificó una caída de rocas, la zona de arranque presenta una longitud de 600 m, los bloques tienen tamaños que oscilan entre los 0.20 y 3 m de diámetro, llegando a desplazarse hasta distancias de 320 m, afectando viviendas y la carretera asfaltada que comunica a la ciudad de Jaén y San Ignacio.

Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y ante la ocurrencia de lluvias extraordinarias o por movimientos sísmicos, se considera al centro poblado de Chuchuhuasi como **Peligro Muy Alto** por caída de rocas, categorizándolo como Zona Crítica.

Finalmente, en el informe se sugiere la reubicación de las viviendas del centro poblado Chuchuhuasi, expuestas al peligro. También se debe realizar un control de aguas superficiales, mediante la impermeabilización de canales, sobre la zona afectada, además el riego de los terrenos debe ser tecnificado.

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 Cajamarca, según Oficio N°D000168-2021-GRC-ODN., es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por caída de rocas en el centro poblado de Chuchuhuasi.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Anthony Wilson Zavaleta Paredes, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el centro poblado Chuchuhuasi.

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, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de San Ignacio, Gobierno Regional de Cajamarca y las entidades encargadas de la gestión de riesgos de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la 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 por caída de rocas que se presentan en el centro poblado de Chuchuhuasi, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, medios de vida (cultivos agrícolas) y vías de comunicación en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2 Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- a) Estudio de Riesgos Geológicos en la región Cajamarca, elaborado por el Ingemmet – 2011, se tiene un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que el centro poblado Chuchuhuasi, se ubica en una zona de alta susceptibilidad a peligros por movimientos en masa (figura 1).
- b) Zavala y Rosado (2011), en el estudio denominado “Riesgo Geológico en la Región Cajamarca”, indican que la frecuencia de peligros geológicos en la región es mediana a alta en comparación a otras áreas del país.
Mencionan que la ciudad de San Ignacio se encuentra emplazada sobre un antiguo depósito de deslizamiento de gran dimensión y que los peligros geológicos actuales se relacionan a procesos de deforestación de laderas, Mencionan que en el paraje Ciruelo/Chuchuhuasi, identificaron un derrumbe que afecta un tramo de 200 m. de la carretera Jaén – San Ignacio, calificándolo con peligro alto y recomendando la forestación de la ladera, drenajes y zanjales de coronación para aguas pluviales y construcción de muro de contención.

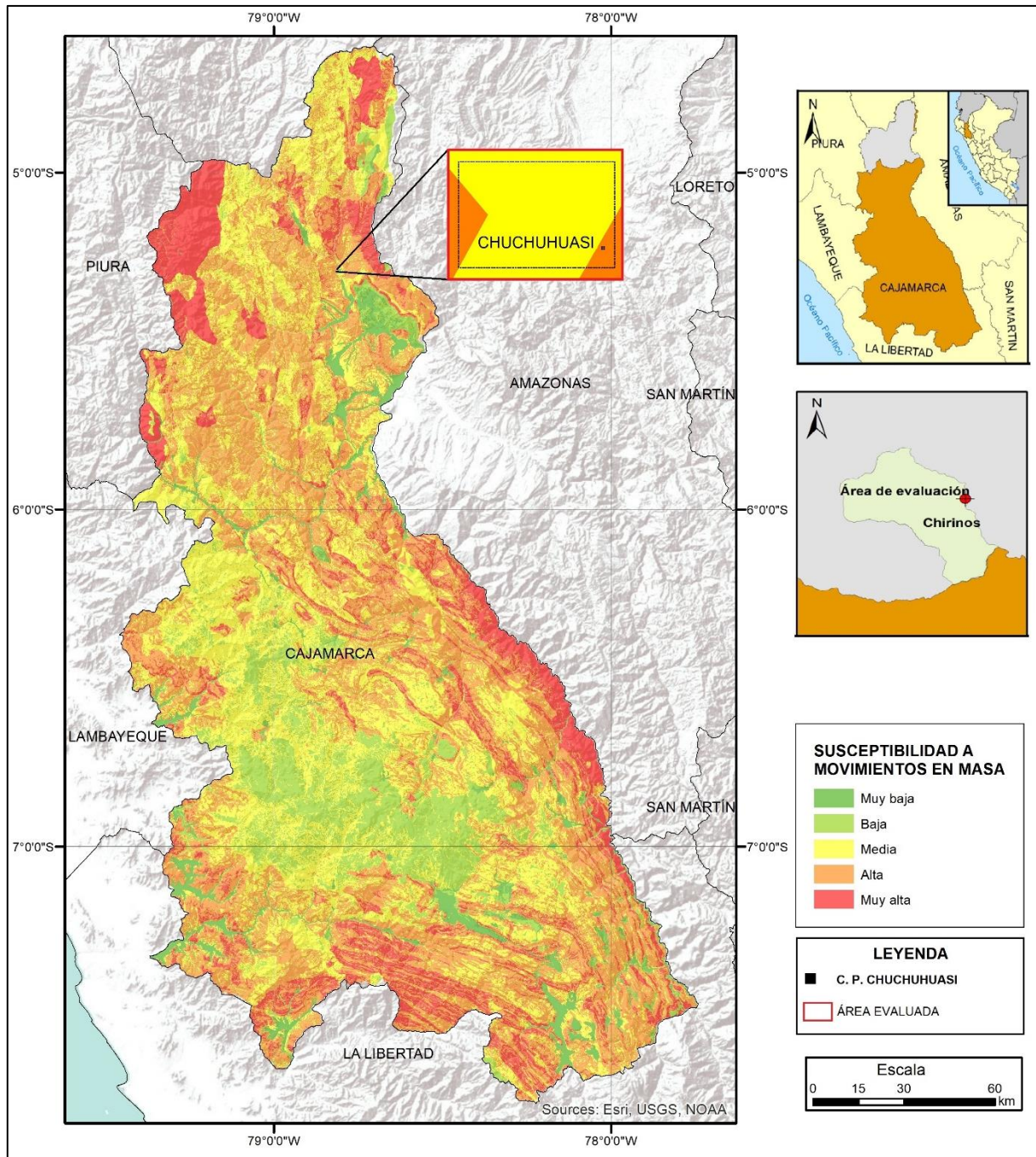


Figura 1. Mapa de susceptibilidad de la región Cajamarca a escala 1:250 000, muestra que el centro poblado de Chuchuhuasi se encuentra en un área de alta susceptibilidad (Zavala, B. & Rosado, M., 2011).

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El centro poblado Chuchuhuasi, se ubica a 43 km, al sur este de la ciudad de San Ignacio, políticamente pertenece al distrito Chirinos, provincia San Ignacio, departamento Cajamarca.

Geográficamente se ubica en la margen derecha del río Chinchipe, afluente del de la red fluvial de la cuenca amazónica. Las coordenadas del área de estudio se detallan en el cuadro 1 y figura 2

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio del centro poblado Chuchuhuasi

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	742642	9415520	-5.283960°	-78.810721°
2	742578	9415340	-5.285589°	-78.811293°
3	742350	9415379	-5.285244°	-78.813350°
4	742358	9415728	-5.282089°	-78.813289°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	742447	9415518	-5.283984°	-78.812480°

1.3.2 Accesibilidad

El acceso a la zona utilizando movilidad terrestre a través de una vía asfaltada desde la provincia Cajamarca hacia la provincia Hualgayoc - Chota – Cutervo – Jaén y desde allí al centro poblado Chuchuhuasi en San Ignacio. La ruta de acceso se describe en el cuadro 2:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada: centro poblado Chuchuhuasi.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Hualgayoc – Chota – Cutervo – Jaén – San Ignacio	Asfaltada	433.5	9 h 45 min



Figura 2. Ubicación del centro poblado Chuchuhuasi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

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

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Aluvial: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

Aluvi6n: Flujo extremadamente r1pido que desciende por cauces definidos, formando r1os de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo. Est1n relacionados a lluvias excepcionales, aludes en nevados, movimientos s1smicos, ruptura de lagunas o embalses artificiales y desembalse de un r1o producido por un movimiento en masa.

Arcilla: Suelo para ingenier1a con tama1o de part1culas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesi6n y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Buzamiento: 1ngulo que forma la recta de m1xima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

Ca1da: Movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. El material se desplaza por el aire, golpeando, rebotando o rodando (Varnes, 1978). Se clasifican en ca1das de rocas, suelos y derrumbes.

Ca1da de rocas: Tipo de ca1da producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a trav1s del aire o ca1da libre, a saltos o rodando.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acci6n de la gravedad.

Coluvio-deluvial: Forma de terreno o dep6sito formado por la acumulaci6n intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), los cuales se encuentran interestratificados y por lo general no es posible diferenciarlos.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que pr1cticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensi6n o de tracci6n.

Deluvial: Terreno constituido por enormes depósitos de materiales que fueron transportados por grandes corrientes de agua.

Erosión fluvial: Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos al socavar los valles, profundizarlos, ensancharlos y alargarlos. Ocurre cuando periodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan una cuenca.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: 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, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Inactivo 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).

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

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. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

Movimiento complejo: Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: 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.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Suelo residual: Suelo derivado de la meteorización o descomposición de la roca in situ. No ha sido transportado de su localización original, también llamado suelo tropical.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

Zona crítica: Zona o área con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis geológico, se desarrolló en base a la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de San Ignacio, hoja 11-f - III, elaborado por Valdivia W., et al, (2011), escala 1:50 000, publicado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (mapa 1).

Asimismo, los trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales y fotografías con dron sirvieron para caracterizar las diferentes unidades litológicas.

3.1 Unidades litoestratigráficas

En el sector evaluado afloran rocas de origen sedimentario y marino de la Formación Chúlec.

Además, se tienen depósitos cuaternarios, coluvio-deluviales y fluviales en ambas márgenes del río Chicama. En la primera se origina la caída de rocas, que afecta al centro poblado Chuchuhuasi.

3.1.1 Formación Chúlec (Ki-chu)

La Formación Chúlec, según De la Cruz Julio, 1995, aflora en el sector Recodo en el río Chinchipe, en San José de Lourdes, en la zona de Puerto Ciruelo, en la hoja de San Ignacio; y en el pongo de Rentema, constituyen una franja continua que circunda al pliegue sinclinal de Bagua. La Formación Chúlec está representada predominantemente por calizas grises, margas y calizas margosas.

En la localidad de puerto Ciruelo aflora la Formación Chúlec, constituida por calizas micríticas de color gris claro en capas macizas con grosores que varían de 1 cm a 3 m, poco fracturadas y ligeramente meteorizadas; también se tienen margas y lutitas de color gris, finamente estratificadas con nódulos calcáreos, de color beige claro, se presentan en estratos tabulares.



Fotografía 1. calizas color gris claro en capas macizas con grosores que varían de 1 a 3 m.

3.1.2 Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)

Sobre el centro poblado de Chuchuhuasi en la parte baja de la montaña determinamos material detrítico subredondeado y subanguloso, heterométrico, distribuido en una matriz de limoarcillosa no consolidadas (fotografía 2).

Los fragmentos rocosos son predominantes de roca caliza de color gris claro producto de la alteración y desprendimiento in situ del macizo rocoso de la Formación Chúlec, con dimensiones entre 0.05 a 0.50 m de diámetro.



Fotografía 2. Se observa un depósito coluvio – deluvial, compuesto por bloques y gravas de origen calcáreo, en matriz limo arcillosa.

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 2

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

- | | | |
|--------------------------------------|--|---|
| TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL | <input type="checkbox"/> Eluvial | <input type="checkbox"/> Lacustre |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Deluvial | <input type="checkbox"/> Marino |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Coluvial | <input type="checkbox"/> Eólico |
| | <input type="checkbox"/> Aluvial | <input type="checkbox"/> Orgánico |
| | <input type="checkbox"/> Fluvial | <input type="checkbox"/> Artificial |
| | <input type="checkbox"/> Proluvial | <input type="checkbox"/> Litoral |
| | <input type="checkbox"/> Glaciar | <input type="checkbox"/> Fluvio glaciar |

GRANULOMETRÍA

%	
25	Bolos
	Cantos
25	Gravas
	Gránulos
	Arenas
30	Limos
20	Arcillas

FORMA

- Esférica
 Discoidal
 Laminar
 Cilíndrica

REDONDES

- Redondeado
 Subredondeado
 Anguloso
 Subanguloso

PLASTICIDAD

- Alta plasticidad
 Med. Plástico
 Baja Plasticidad
 No plástico

ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		%	LITOLOGÍA
<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia Orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Aspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Matamórficos
						<input checked="" type="checkbox"/>	100 Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas		Arenas	Gravas		
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. Consolidada
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada
				<input type="checkbox"/>	Muy Consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS			
<input type="checkbox"/>	GW	<input checked="" type="checkbox"/>	GC	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	GP	<input type="checkbox"/>	SW	<input type="checkbox"/>	OH
<input type="checkbox"/>	GM	<input type="checkbox"/>	SP	<input type="checkbox"/>	PT
<input type="checkbox"/>	SM	<input type="checkbox"/>	SC		
		<input type="checkbox"/>	ML		
		<input type="checkbox"/>	CL		
		<input type="checkbox"/>	OL		
		<input type="checkbox"/>	MH		

3.1.3 Depósito fluvial (Q-fl)

Depósito correspondiente a la antigua llanura de inundación, ha sido modelada por el río y situada sobre el cauce mayor.

Producto del material transportado por el río Chinchipe y depositado en el fondo y riberas del mismo, constituidos por gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limoarcilloso, (figura 3).



Figura 3. Depósitos fluviales, ambas márgenes del río Chinchipe

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis geomorfológico realizó el levantamiento fotogramétrico mediante el empleo de dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución 40 cm por pixel para el modelo digital de elevaciones, y 0.05 cm por pixel para la ortofoto, (figura 4), información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico del relieve y cartografiado in situ.

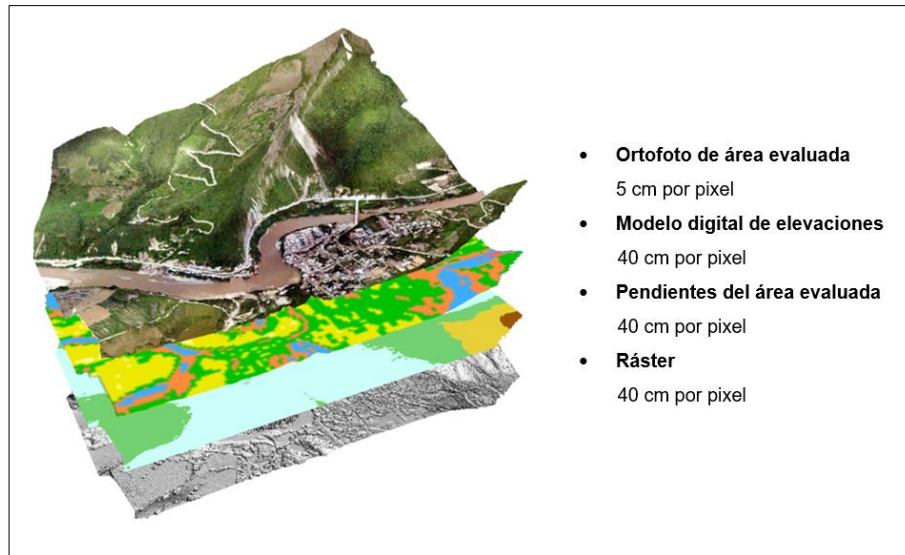


Figura 4. Detalle de resolución de superficies procesadas.

4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio, se distribuye sobre un relieve con elevaciones entre 334 m s.n.m. y 923 m s.n.m.; se clasificó en seis niveles altitudinal, con la finalidad de visualizar la extensión del área respecto a la diferencia de alturas, donde los niveles más extensos corresponden a menor pendientes y los de menor espesor serán aquellos que presentes mayor diferencia de alturas (mapa 2).

El centro poblado, se asienta sobre superficies con elevaciones entre 470 m s.n.m. y 475 m s.n.m.

Las máximas elevaciones se ubican al noreste y sobrepasan los 800 m s.n.m. La caída de rocas se originó a los 700 m s.n.m. y desciende hasta la vía asfaltada 470 m s.n.m., se apreció algunos bloques de roca que alcanzaron la cota más baja a 450 m s.n.m., en las márgenes del río Chinchipe.

4.3 Pendiente del terreno

En el sector evaluado, la ladera presenta pendientes variables, en margen derecha del río Chinchipe, sobre las viviendas del centro poblado de Chuchuhuasi; la pendiente es de escarpada (25°-45°) a muy escarpada (>45°), donde se origina la caída de rocas (figura 5 y 6).

Las variaciones de la pendiente, se muestran en el mapa de pendientes o modelo de elevación digital (mapa 3).



Figura 5. Sobre el centro poblado de Chuchuhuasi, se estima que la pendiente promedio es de 35° a $>45^\circ$.



Figura 6. En el sector evaluado, se determinó una pendiente escarpada, promedio de 35° y un terreno muy escarpado con una pendiente $< 45^\circ$.

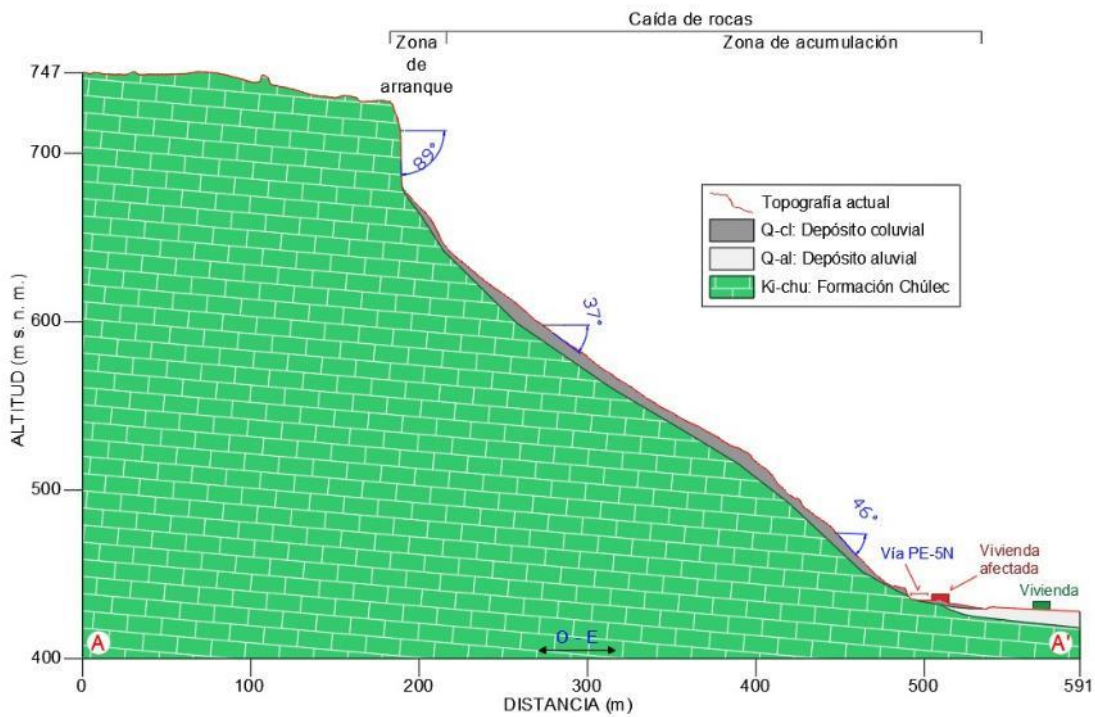
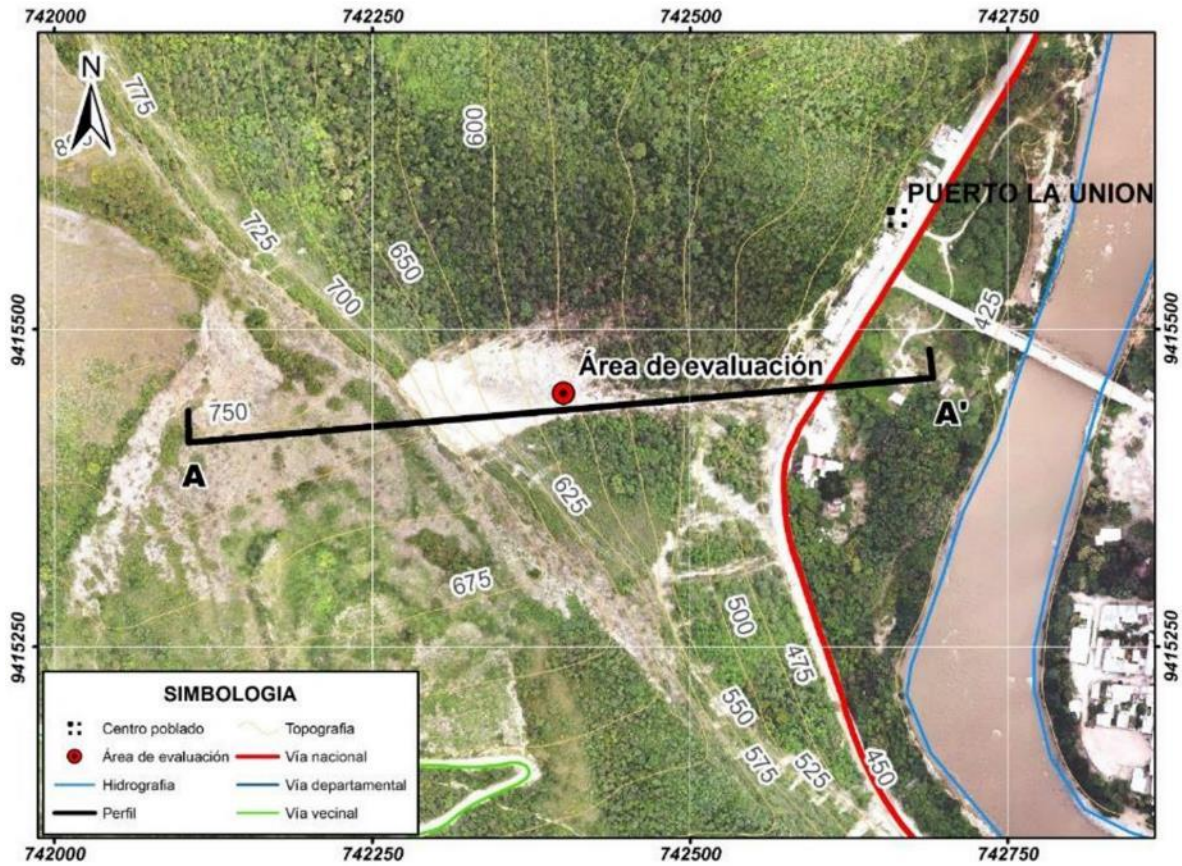


Figura 7. Se muestra el perfil A – A' del área directamente afectada por caída de rocas.

4.4 Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el centro poblado de Chuchuhuasi, se han empleado los trabajos 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 (degradacionales o denudativos y agradacionales o deposicionales) en la evolución del relieve (mapa 4).

Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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).

Unidad de montaña

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

Esta unidad geomorfológica conforma alineamientos alargados de dirección andina, esta disectada por el río Chinchipe.

Subunidad de montaña estructural en roca sedimentaria (RME-rs)

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria en su mayoría calizas macizas intercaladas con lutitas (Formación Chúlec), y estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratigráficas.

La pendiente de esta sub unidad varían de escarpada (25°- 45°), a terrenos muy escarpados (> 45°), se observa al oeste del centro poblado de Chuchuhuasi.

Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores.

Unidad piedemonte

Corresponden a aquellas geoformas con acumulación de material detrítico, siendo identificados por sus cambios bruscos de pendiente, se observan en las laderas de las montañas o en la base de las mismas (Zavala et al., 2009).

Sub unidad de piedemonte coluvio - deluvial (V-cd)

Se producen por la intercalación de depósitos coluviales y deluviales de manera interestratificada lo que hace difícil individualizarlas, se presente en laderas de montaña, son el producto de la meteorización de las rocas sedimentarias y los materiales deluviales son limoarcillas intercaladas con gravas.

El material analizado in situ, está constituido por fragmentos de roca sub redondeados y angulosos de calizas, los cuales están distribuidos de manera heterométrica, intercalado con suelo, (bloques 25%, gravas 25%, limos 30% y arcillas 20%), la pendiente moderada (5° a 15°) a fuerte, comprendida entre los (15° a 25°).

Unidad de planicie inundable

Área adyacente al río, formada por desbordamientos repetidos. Planicies aluviales aledañas a las corrientes de agua superficiales, como ríos, arroyos y lagunas, las cuales se han formado en el pasado con los sedimentos que periódicamente han depositado las inundaciones fluviales.

Sub unidad de llanura o planicie inundable (PI-i)

Corresponde a superficies planas, inundable por el curso principal del río Chinchipe; constituido por materiales provenientes de la denudación de las superficies de montaña.

El nivel freático, en algunos sectores, se encuentra a menos de un metro del nivel del suelo.

Geoformas Particulares

Cauce de río

Corresponde a los cursos de ríos, tanto actuales como desactivados, con formas lineales que van desde trazas rectas a meándricos, y desde muy anchos como el río Chinchipe, hasta reducidos cursos que atraviesan las llanuras de inundación.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Los peligros geológicos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo caída de rocas. Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que con llevó 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. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

5.1 Caída de rocas

Para caracterizar los eventos geodinámicos ocurridos en el centro poblado de Chuchuhuasi, se realizaron trabajos de campo en donde se identificó la caída de rocas. Se realizó su descripción morfométrica in situ y toma de datos GPS, fotografías a nivel del terreno, fotografías aéreas (figura 8).

El macizo rocoso se encuentra fracturado, con presencia de humedad, debido a la infiltración de agua en la parte alta, área destinada como terreno de cultivos (mapa 5).

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más rápidos, la trayectoria que siguen los bloques y la distancia que ellos puedan alcanzar dependen de la morfología del terreno.

Según Pimentel (2011), la caída de rocas se debe principalmente a las discontinuidades pre-existentes de las rocas, tales como fallas, juntas y estratificación.

5.1.1 Características visuales del evento

La caída de rocas presenta las siguientes características:

- Longitud de arranque: 600 metros en macizo fracturado compuesto de rocas calizas.
- Altura: 225 metros.
- Tipo de rotura: Vuelco.
- Zona de arranque: Ladera.
- Forma de zona de arranque: recta, discontinua.
- Alcance máximo: 320 metros.
- Tamaño de bloques: 0.20 a 3 m de diámetro.
- Tamaño de gravas: 3 a 6 cm.

- La pendiente varía entre 35° a 45°.

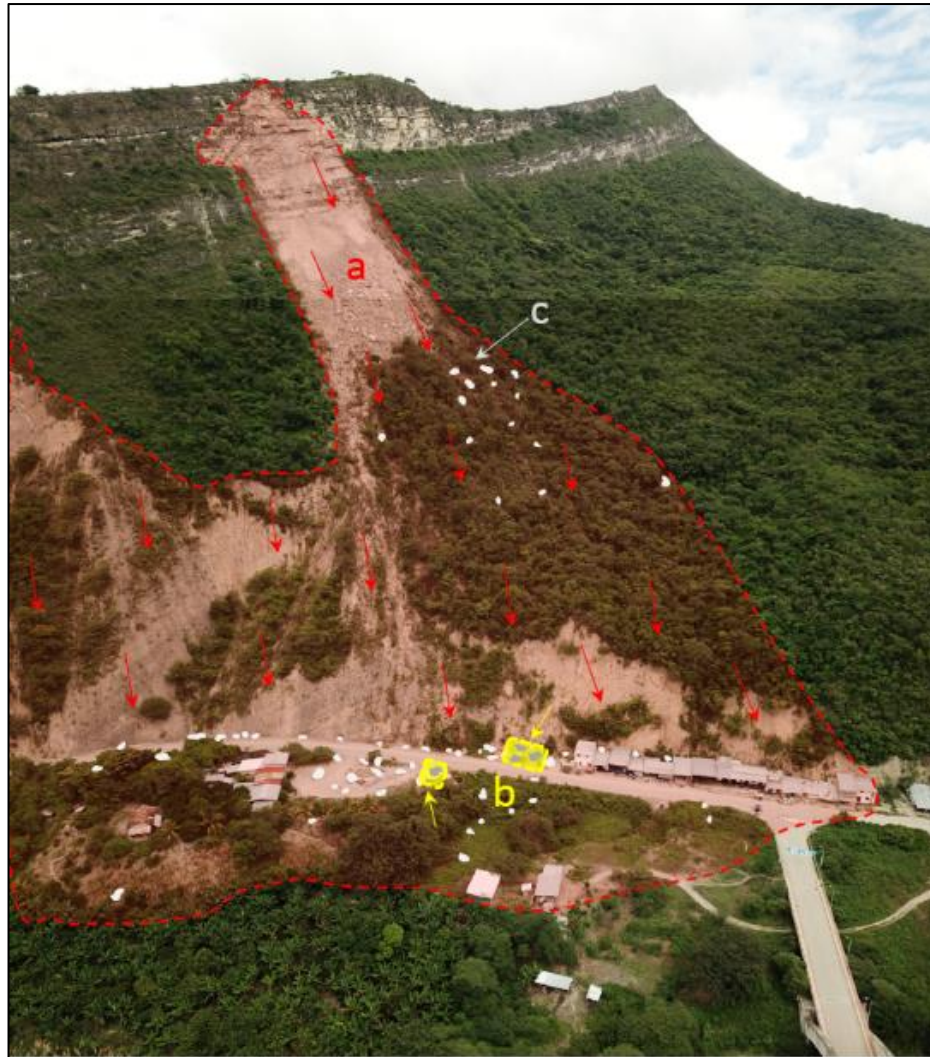


Figura 8. a. Área afectada por procesos de caída de rocas (líneas punteadas color rojo), b. Viviendas destruidas (líneas punteadas color amarillo), c. Rocas con dirección hacia el centro poblado.

5.1.2 Factores condicionantes

Factor litológico

Dentro de los factores litológicos que han condicionado la caída de rocas tenemos:

- La Formación Chúlec compuesta por calizas fracturadas intercaladas con Lutitas, en la estratificación se puede apreciar la surgencia de agua en los estratos de lutitas (figura 9).

- Se identificó una falla inversa regional a 3 km al este de la zona evaluada, los esfuerzos generados por esta falla se ven reflejados en diaclasamientos casi perpendiculares a la estratificación (N185°), estas discontinuidades son aprovechadas para la infiltración de agua.
- Se tiene 5 familias de fracturas que cruza el macizo rocoso, casi en forma perpendicular a la estratificación, lo cual genera bloques con diámetros comprendidos entre 0.20 cm a 3 m.
- Se tiene fracturamiento abierto que permite la filtración del agua y el lavado del material fino.
- La estratificación está a favor de la pendiente, lo que permite que el material inestable ceda cuesta abajo.

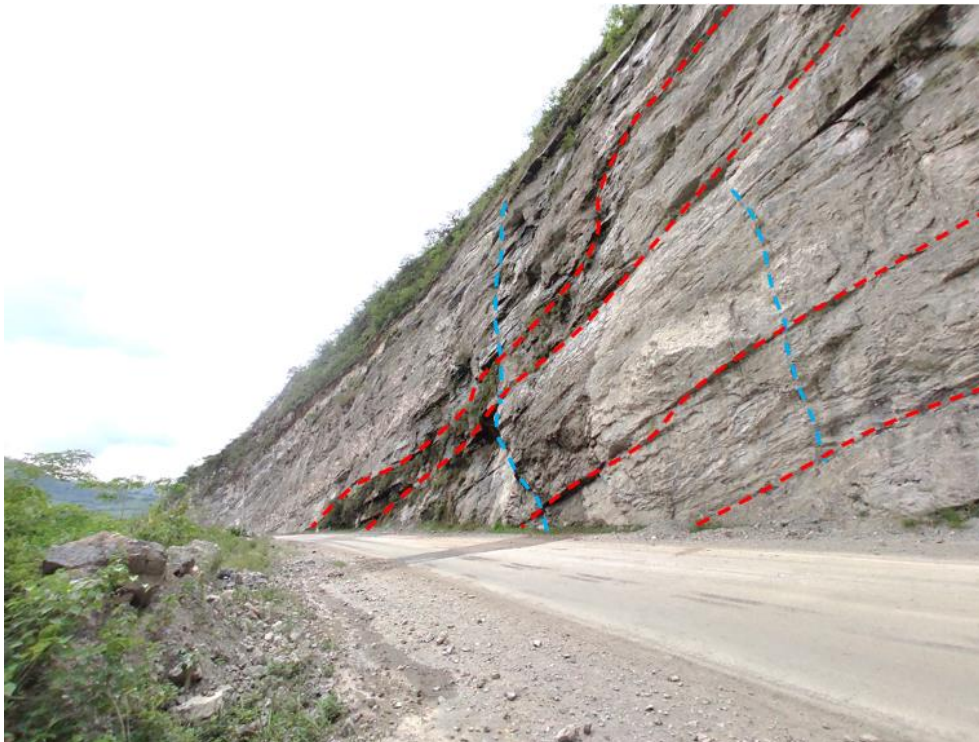


Figura 9. Se observa el afloramiento de calizas moderadamente fracturadas con rumbo N90° y un buzamiento de 28°.

Factor geomorfológico

Tenemos las geofomas de montaña estructural en roca sedimentaria con ladera de pendiente escarpado a muy escarpado (pendientes 25° a <45°), donde arranca la caída de rocas; piedemonte coluvio deluvial y planicie, donde se asientan las viviendas y la vía afectada por la caída de rocas.

Otros factores antrópicos

El talud de corte generado para la construcción de las vías de comunicación tiene una pendiente promedio de 90°, que favorece la inestabilidad de la ladera.

La falta de un sistema de drenaje en los terrenos de cultivo ubicados en la parte superior a la ladera afectada, permite la infiltración del agua en el macizo rocoso, contribuyendo a la inestabilidad del mismo y acelerando el proceso de caídas de rocas.

5.1.3 Factores desencadenantes

Factor Hidrológico - hidrogeológico

El ingreso del agua en las diaclasas que se presenta en las rocas, ha disminuido la resistencia y permitido la aceleración del proceso de caída de rocas, (figura 10).

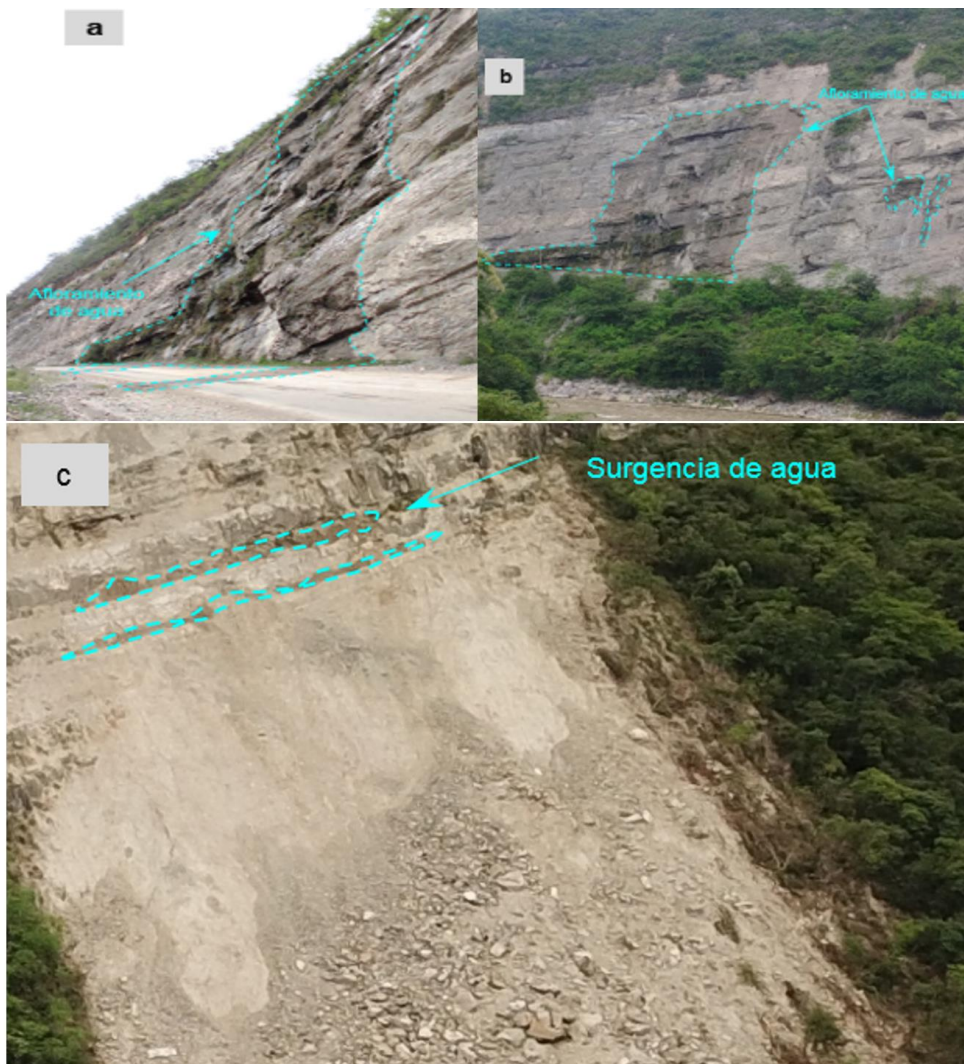


Figura 10. En las imágenes a, b y c, se observa presencia de agua en los estratos del macizo rocoso, en donde se originaron los eventos de caída de rocas.

5.2 Daños

En el centro poblado de Chuchuhuasi, fueron destruidas dos viviendas y un almacén de combustible para venta al público; también fue afectada la carretera asfaltada que comunica San Ignacio-Jaén (figura 11, 12, 13, 14, 15 y 16).



Figura 11. Bloques con tamaños mayores a los 3.00 m destruyeron viviendas y afectaron cunetas de drenaje de la vía principal.



Figura 12. Bloques con tamaños mayores a los 2.00 m destruyeron almacén de venta de combustible afectaron cunetas de drenaje de la vía principal.

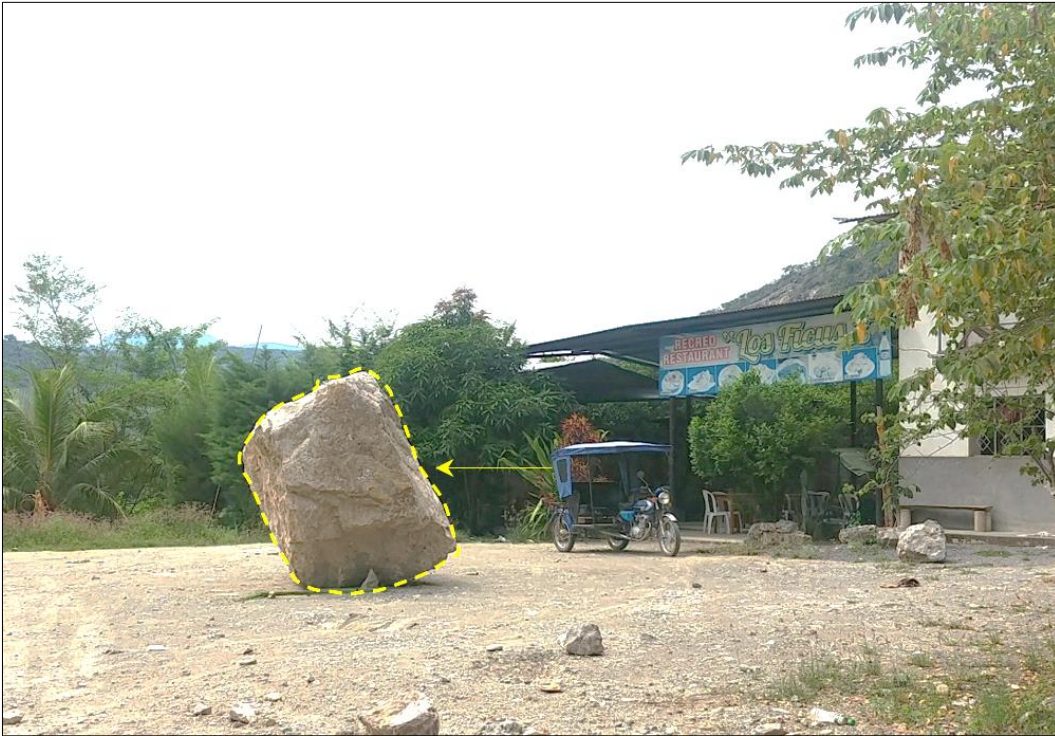


Figura 13. Se aprecia un bloque con un tamaño mayor a los 2.50 m. en el frontis de un restaurant.



Figura 14. Se observa el deterioro y pérdida de la cobertura vegetal, originada por el trayecto de los bloques desprendidos de la parte alta (caída de rocas).



Figura 15. Debido al impacto del bloque caído en el patio de una vivienda, se aprecia el deterioro del suelo.



Figura 16. Material caído (fragmentos de roca) que originó la colmatación de las cunetas de drenaje, afectando la vía asfaltada.

6. CONCLUSIONES

- a. Las unidades litoestratigráficas que afloran en el sector evaluado del centro poblado de Chuchuhuasi corresponden a calizas intercaladas con lutitas (Formación Chúlec), las rocas se encuentran poco a medianamente fracturadas y ligeramente, meteorizadas.
- b. La pendiente del terreno está controlada por el buzamiento de la roca, que se encuentra a favor de la pendiente. Este es un factor importante para la generación de caída de rocas.
- c. Se tiene 5 familias de fracturas, de las cuales una de ellas tiene un azimut de N95° y buzamiento 28°, que genera caída libre, favoreciendo la caída de rocas; otra familia con rumbo N229° y buzamiento 23°, que corta a la estratificación en forma paralela. Lo mencionado genera fragmentos de roca con tamaños de 0.20 cm a 3 m.
- d. Geomorfológicamente el centro poblado Chuchuhuasi se encuentra sobre las subunidades de montaña estructural en roca sedimentaria, sobre un terreno muy escarpado (>45°), y bajo ésta la sub unidad vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), con una pendiente escarpada (25°-45°), se identificó también la sub unidad de terraza fluvial con pendiente suave (1°-5°).
- e. El centro poblado de Chuchuhuasi está asentado sobre depósitos coluvio deluvial, el cual fue alterado para la construcción de la vía y viviendas.
- f. En el año 2021, se generó una caída de rocas de naturaleza sedimentaria, bloques (60%) y gravas (40%) de formas angulosas a subangulosas.
- g. La caída de rocas ha causado daños en:
 - Dos viviendas y un almacén de combustible destruidos.
 - La vía asfaltada que conecta al centro poblado de Chuchuhuasi con Jaén y San Ignacio, originando orificios en la plataforma.
 - De seguir el movimiento, podría afectar viviendas aledañas.
- h. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas al centro poblado de Chuchuhuasi y alrededores se le considera de **peligro muy alto y zona crítica**, sujeto a caída de rocas.

7. RECOMENDACIONES

- a. Efectuar la reubicación inmediata de las viviendas afectadas en centro poblado de Chuchuhuasi.
- b. Las viviendas que no fueron afectadas y que se encuentran en el pie del talud, por medidas de seguridad, deben ser reubicadas, porque el talud se encuentra inestable.
- c. Las zonas que se designen para la reubicación del poblado, deberán contar con estudios geológicos y geodinámicos. Esta deberá realizarse de manera progresiva, priorizando las zonas de mayor afectación.
- d. Desquinchar los bloques sueltos que se encuentren suspendidos en la ladera, para evitar un futuro deterioro de la vía de comunicación. Para realizar esta acción, las viviendas se tienen que reubicar.
- e. En la parte alta, por encima de la zona de arranque, se tienen terrenos de cultivo, que son irrigados por inundación. Se tiene que cambiar el sistema de riego tecnificado en implementar un sistema de drenaje adecuado, el cual evite la infiltración de agua hacia el macizo rocoso.
- f. No construir infraestructura o viviendas en las áreas afectadas por caída de rocas al pie del talud.
- g. En la parte baja, instalar barreras estáticas para evitar el desplazamiento de bloques provenientes de posible caída de rocas a la vía asfaltada o viviendas.
- h. Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro. Estas charlas deben ser canalizadas por la municipalidad, donde Ingemmet puede participar.

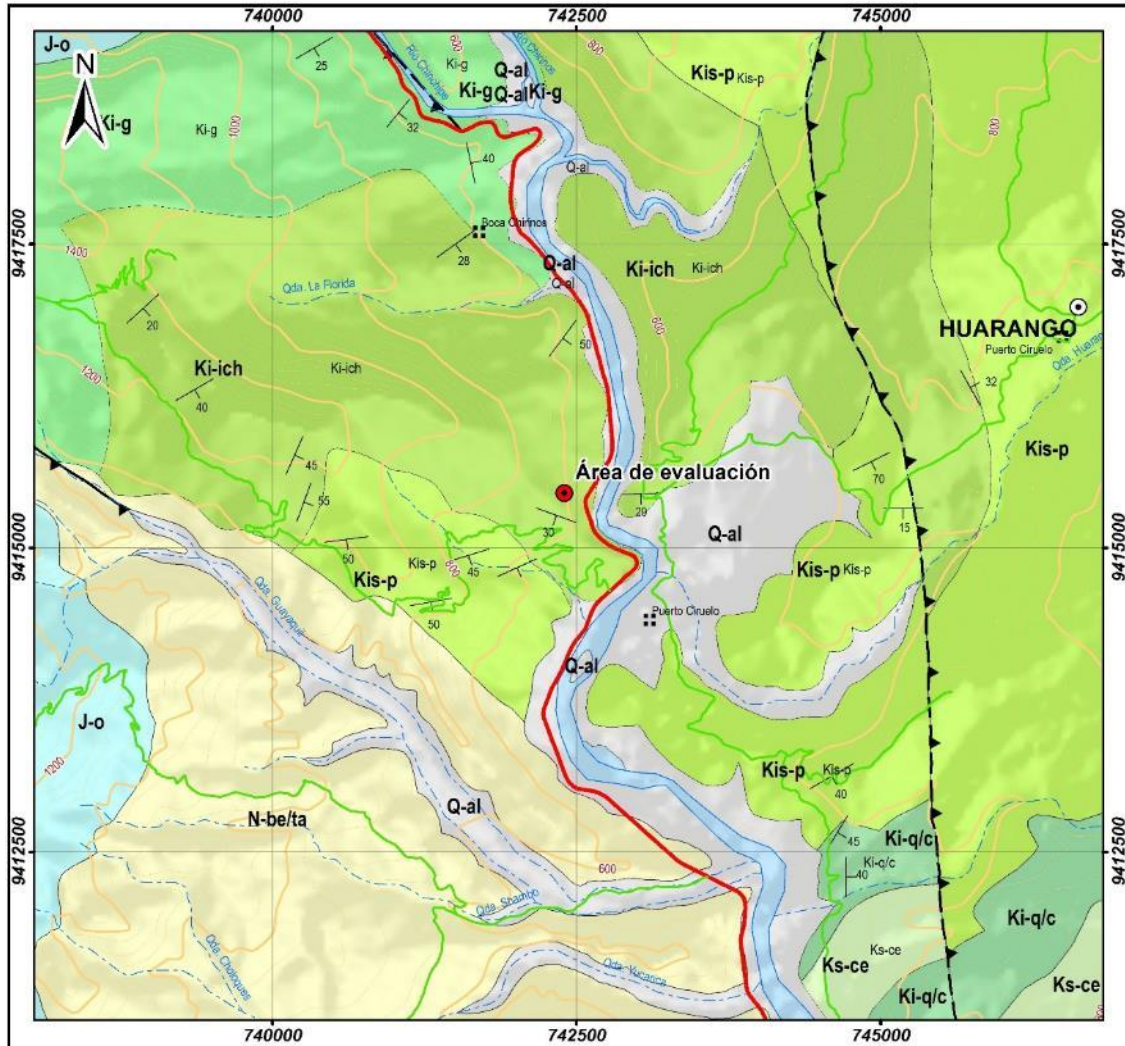

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg. CIP. N° 215610


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

BIBLIOGRAFÍA

- Corominas Dulcet, J., & García Yagué A. (1997). Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- González, L. I. (2004). Ingeniería Geológica. Madrid: Isabel Capella.
- Julio de la Cruz W. (1995). Geología de los cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango. Boletín N° 57 Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>.
- Suarez, J. (2001). Control de Erosión.
- Suarez, J. (s.f.). Deslizamientos: Análisis geotécnico.
- Suarez, J. (s.f.). Respuesta hidrogeológica de los deslizamientos de tierra. II Congreso colombiano de hidrogeología, 12.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC (Departamento Nacional de Estadística).
- Zavala, B. & Rosado, M. (2010). Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica.

ANEXO 1. MAPAS



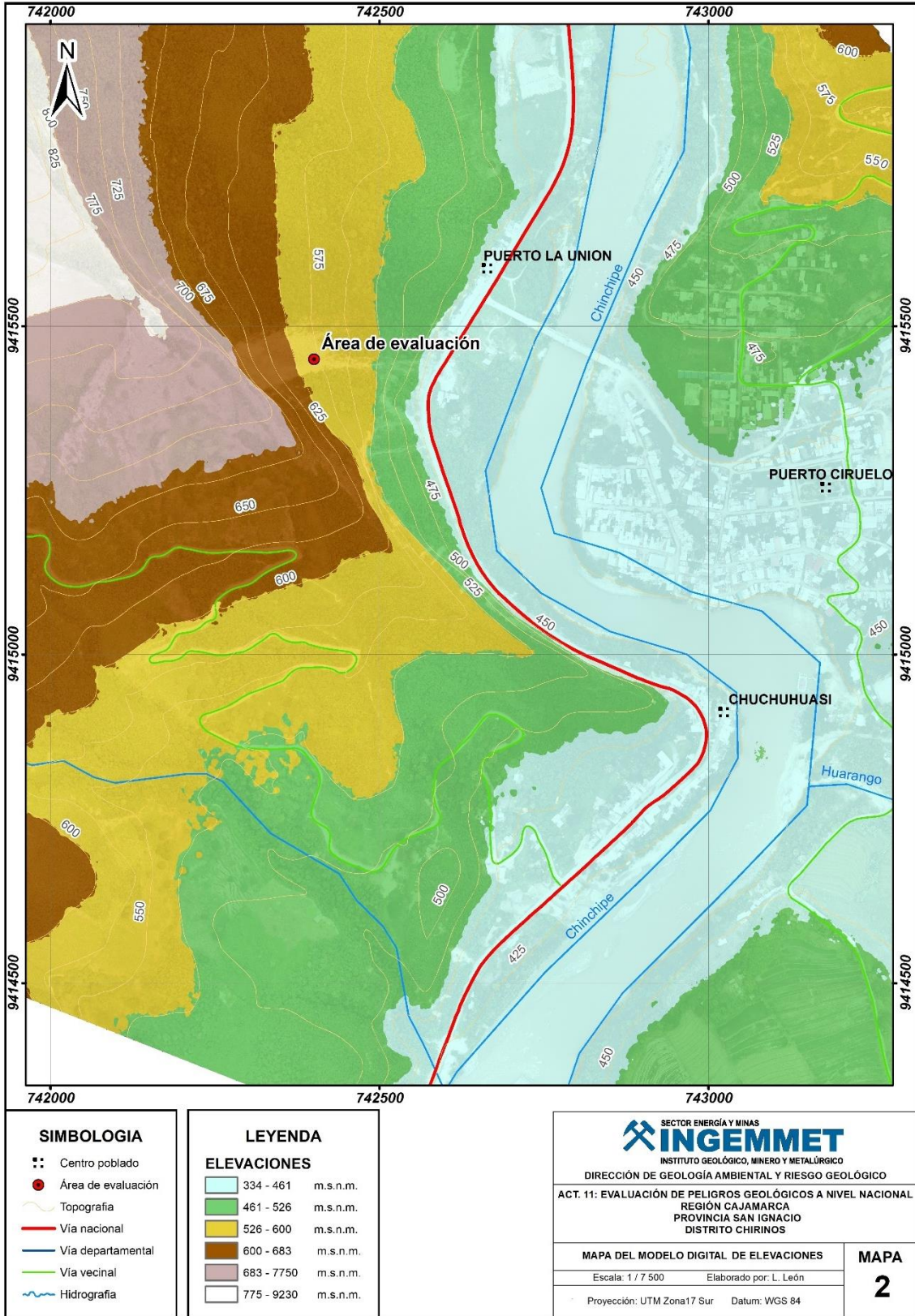
LEYENDA				
RATONASISTEMA	EDAD		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
	SERIE	PISO		
CENOZOICO	CUATERNARIO	PLEISTOCENO	Dep. Aluvial Q - al	
		PLIOCENO	Fms. Bellavista/Tamborapa N - beta	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	WALSFORDIANO	Fm. Chota Ksp - ch
			CAMPANIANO	
			SANI CRUZANO	Fm. Celendin Ks - ca
		TURONIANO	Fms. Quiquifan/Cajamarca Ks - q/c	
		CENOMANIANO	Fm. Pullicana Kis - pu	
		INFERIOR	ALBIANO	Fms. Inca/Chidés Ki - ich
			APTIANO	Goo. Goyllarisquizga Ki - g
	WALSINIANO			
JURÁSICO			Fm. Oyotún J - o	

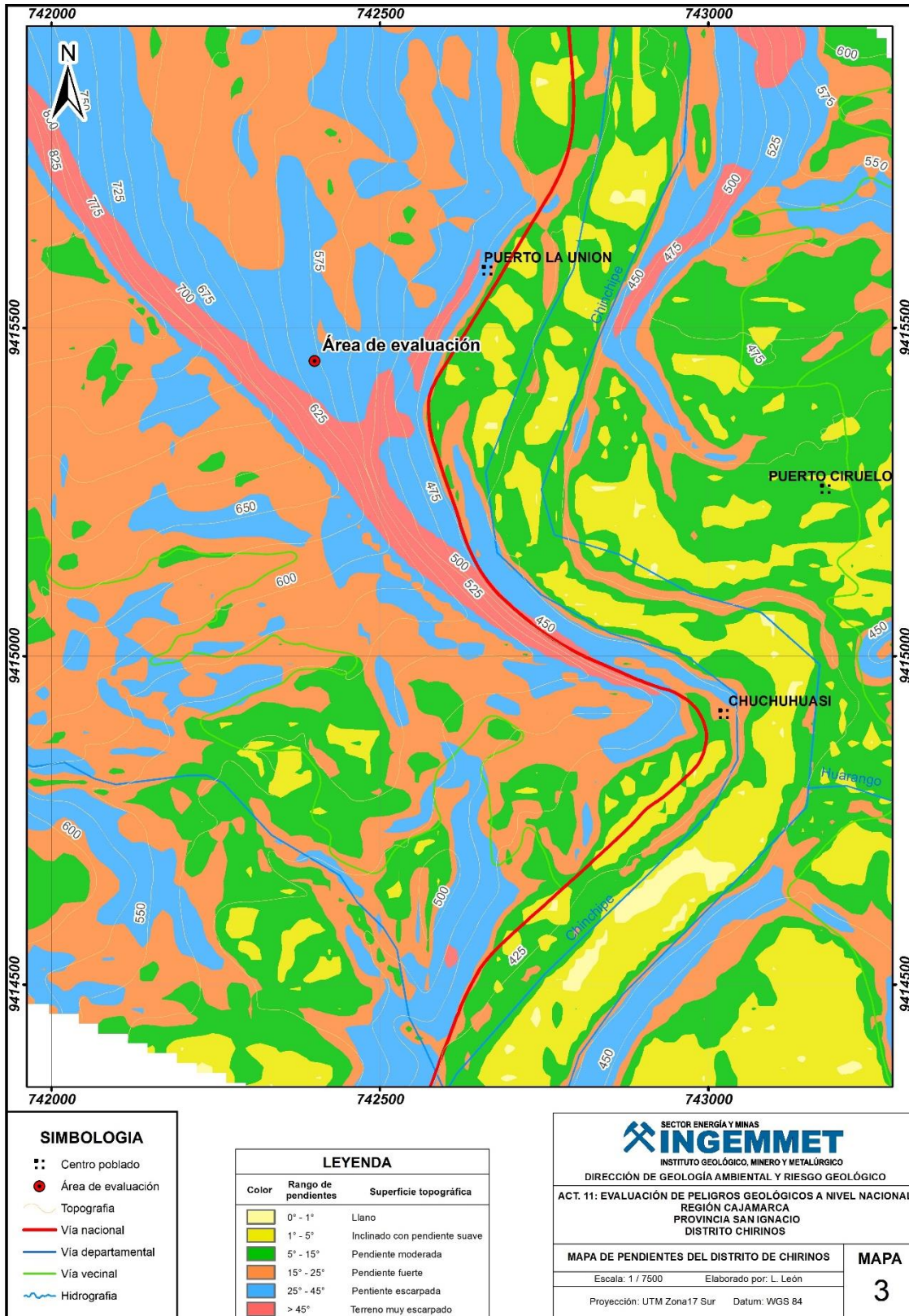
LEYENDA	
	Capital de distrito
	Área de evaluación
	Vía nacional
	Vía departamental
	Vía vecinal
	Centro Poblado
	Centro Poblado
	Estrato
Hidrografía	
	Quebrada Intermitente
	Río
Estructuras	
	Falla inversa
	Falla inversa inducida
Topografía	
	Curvas mayores
	Curvas menores

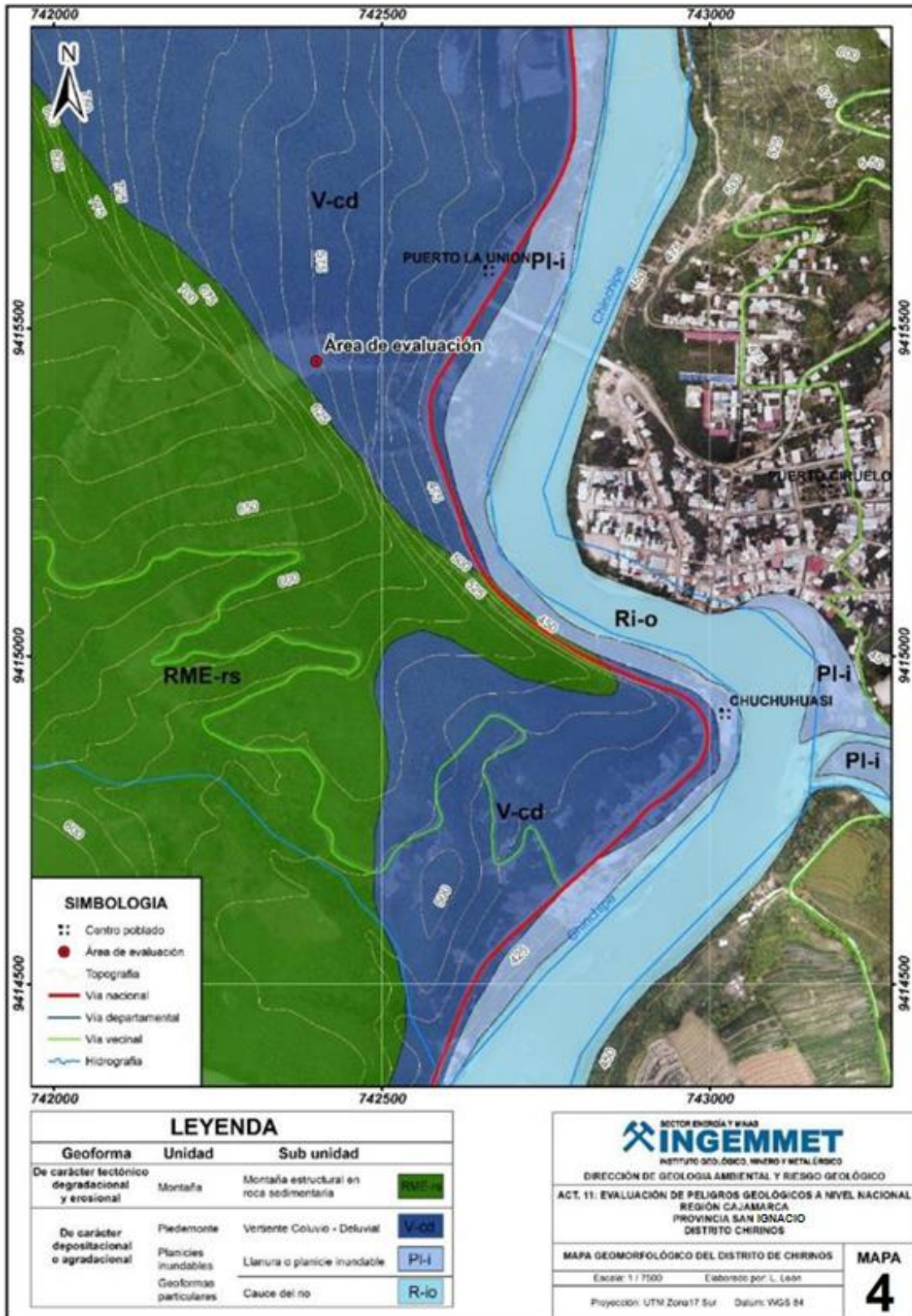
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

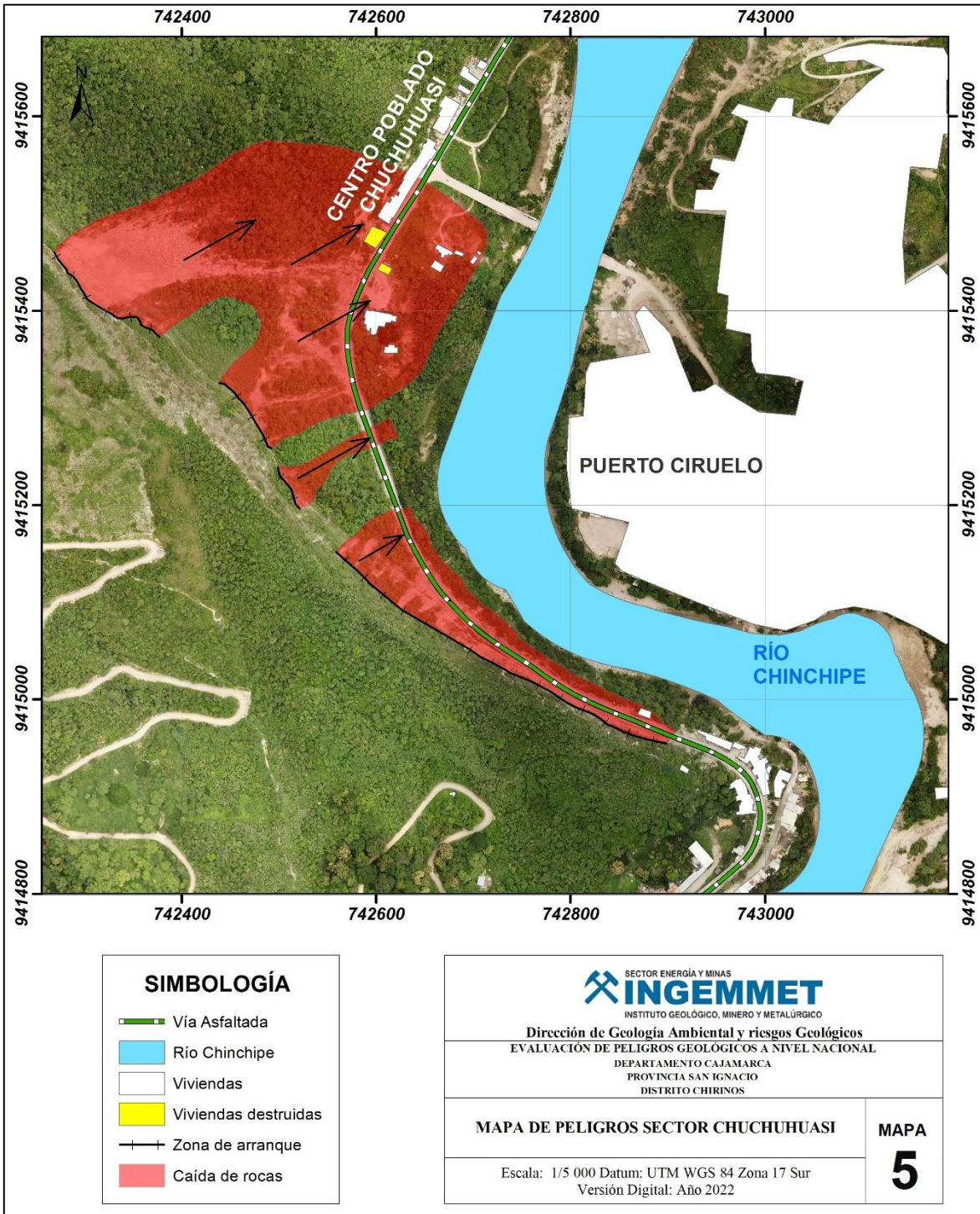
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 REGIÓN CAJAMARCA
 PROVINCIA SAN IGNACIO
 DISTRITO CHIRINOS

MAPA GEOLOGICO DEL DISTRITO DE CHIRINOS	MAPA
Escala: 1 / 50 000 Elaborado por: L. León	1
Proyección: UTM Zona17 Sur Datum: WGS 84	









ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Barreras estáticas

La caída de rocas, árboles, la erosión, los aludes y los desprendimientos pueden suponer un peligro potencial para personas e inmuebles, para infraestructuras, carreteras, bienes, etc. Este sistema tiene la finalidad de detener, en el momento de la caída, las rocas, los árboles o cualquier material que se desprenda, de modo que protege las vías de comunicación y las infraestructuras.

Las barreras estáticas se colocan en el pie o base de la ladera, con el fin de interceptar y frenar los bloques. Se construyen en base a postes metálicos hincados o empotrados, a las que se fijan mayas metálicas resistentes. La separación de los postes metálicos depende del tamaño de los bloques.

Se colocan transversalmente a la trayectoria de las piedras en su caída con el fin de detenerlas, sustituyendo la rigidez característica de las barreras estáticas por deformación plástica (figura 15).

Están formadas por redes metálicas de alta resistencia hechas con cable de acero y ancladas al terreno mediante postes, en los cuales se instalan disipadores de energía (en el argot "frenos") que actúan a fricción o a cortante absorbiendo la energía cinética que lleva la roca.

En nuestro país se empiezan a instalar en la década de los 80, como medida pasiva de protección, habiendo alcanzado en la actualidad una difusión muy importante por la efectividad demostrada en la lucha contra desprendimientos.



Figura 35. Ejemplo de barrera estática construida para protección de caída de rocas