

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7319**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR CORTEGANA

Departamento Cajamarca  
Provincia Celendín  
Distrito Cortegana



NOVIEMBRE  
2022

## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR CORTEGANA**

*(Distrito Cortegana, provincia Celendín, 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 (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Cortegana, distrito Cortegana, provincia Celendín, departamento Cajamarca. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7319, 36p.

## 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.....                             | 10 |
| 3. ASPECTO GEOLÓGICO .....                       | 13 |
| 3.1 Unidades litoestratigráfica .....            | 13 |
| 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....                | 17 |
| 4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE) .....    | 17 |
| 4.2 Pendiente del terreno .....                  | 17 |
| 4.3 Unidades Geomorfológicas .....               | 18 |
| 5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....                      | 21 |
| 5.1 Características visuales de los eventos..... | 21 |
| 5.2 Factores condicionantes .....                | 22 |
| 5.3 Factores desencadenantes .....               | 24 |
| 5.4 Daños.....                                   | 25 |
| CONCLUSIONES .....                               | 28 |
| RECOMENDACIONES .....                            | 29 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                | 30 |
| ANEXO 1. MAPAS.....                              | 31 |
| ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....                | 36 |

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Cortegana, distrito Cortegana, provincia Celendín, 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 fosilíferas con presencia de venillas de calcita (Formación Chúlec), se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente a altamente meteorizadas. Esta secuencia se encuentra intercalada con lutitas deleznable de color gris, también se identificaron depósitos coluvio - deluviales, constituido por fragmentos de roca subredondeados y angulosos de caliza distribuidos de manera heterogénea, en matriz de limo y arcilla.

Las geoformas identificadas corresponden a: montaña estructural en roca sedimentaria disectada por quebradas; las laderas presentan pendientes escarpadas de 25° a 45°; el drenaje es paralelo a sub dendrítico, encontramos también la subunidad de piedemonte coluviodeluvial, con pendiente moderada comprendida entre 10° a 15°.

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimiento en masa son: a) ladera con pendiente escarpada (25° - 45°), b) substrato rocoso medianamente fracturado y altamente meteorizado c) suelos inconsolidados conformados por depósitos coluvio deluviales; que ante lluvias intensas y/o prolongadas el agua se infiltrará y se retendrá en el terreno, aumentando de peso en la zona inestable, pudiendo provocar su colapso.

En el sector de Cortegana se identificaron movimientos de masa como flujo de detritos y caídas de rocas, que afectaron la vía vecinal Cortegana - Pueblo Nuevo. Por encima del escarpe principal del deslizamiento antiguo se tienen terrenos de cultivo, donde se identificaron grietas paralelas al escarpe principal. En el cuerpo del deslizamiento antiguo se apreció una surgencia de agua, que está saturando el suelo, contribuyendo con su inestabilidad.

Por lo tanto, este sector se considera de **Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamientos, flujo de detritos y caída de rocas que pueden ser reactivados en temporada de lluvias intensas, excepcionales y/o prolongadas.

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones; así mismo realizar un estudio de evaluación de riesgos (EVAR), con la finalidad de definir las mejores propuestas para intervenir en la zona.

## 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 (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por Gobierno Regional de Cajamarca, mediante Oficio N° D000168-2021-GRC-ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Cortegana

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 distrito de Cortegana.

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 Distrital de Cortegana, 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 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

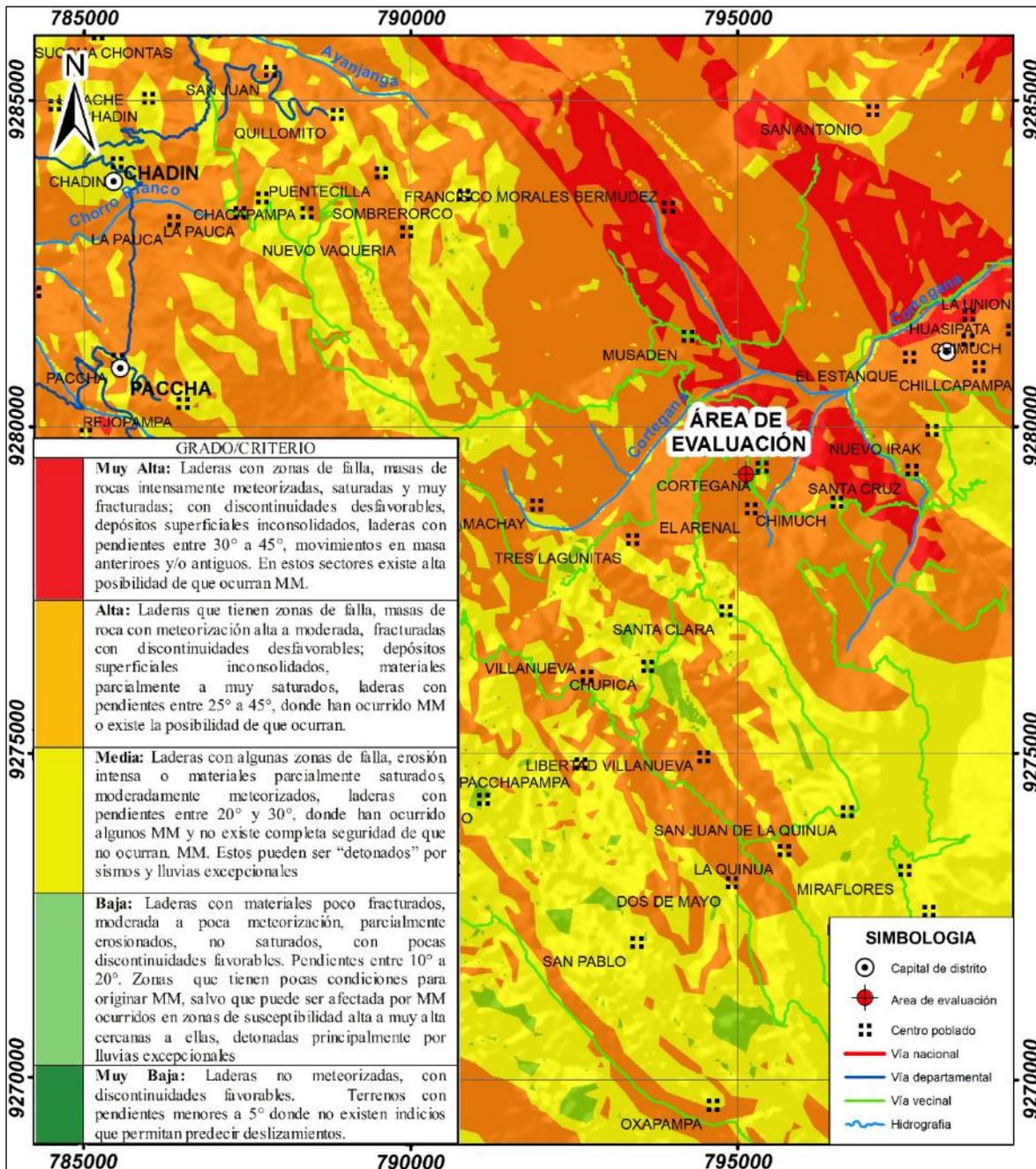
El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se desarrollan en el sector Cortegana, distrito Cortegana, provincia Celendín y departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

## 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) Boletín N° 39, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e (1987). Se describe la geología a escala 1: 100 000, donde las formaciones en su mayoría de rocas sedimentarias correspondientes al Cretácico Inferior y Superior.
- b) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Celendín (Hoja 14G) cuadrante – IV. escala 1: 50 000; presenta las unidades lito estratigráficas.
- c) 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. Asimismo, posee características climáticas, geológicas y sísmicas que conllevan a la recurrencia de procesos de geodinámica externa (movimientos en masa e inundaciones) y en menor proporción sismos. En relación con el sector de Cortegana, se ha inventariado el peligro geohidrológico por inundación (INDECI 2002) ocurrido el 28 de marzo de 2001.



**Figura 1.** Susceptibilidad a movimientos en masa de la región de Cajamarca, elaborado en base al mapa a escala 1:250 000 (Fuente: Zavala & Rosado, 2011).

### 1.3 Aspectos generales

#### 1.3.1 Ubicación

El área de evaluación corresponde al sector Cortegana, distrito del mismo nombre, provincia de Celendín, región de Cajamarca (figura 2), ubicada en las siguientes coordenadas UTM (Datum: WGS 84 – Zona: 17s)

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio del sector de Cortegana.

| N°   | <b>UTM – WGS 84 - ZONA 17S</b> |              | <b>COORDENADAS DECIMALES</b> |                 |
|--|--------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------|
|  | <i>Este</i>                    | <i>Norte</i> | <i>Latitud</i>               | <i>Longitud</i> |
| 1  | 794750                         | 9279750      | -6.509013°                   | -78.335029°     |
| 2  | 795910                         | 9279750      | -6.508958°                   | -78.324548°     |
| 3  | 795910                         | 9278450      | -6.520705°                   | -78.324486°     |
| 4  | 794750                         | 9278450      | -6.520760°                   | -78.334967°     |
| <b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b> |                                |              |                              |                 |
| C  | 795330                         | 9279100      | -6.514859°                   | -78.329757°     |

#### 1.3.2 Accesibilidad

La principal vía de acceso desde la ciudad de Cajamarca al sector de Cortegana, es mediante desplazamiento terrestre, partiendo de Cajamarca se toma la Carretera PE-08 por 102 Km hasta llegar a la ciudad de Celendín y luego se toma la trocha carrozable que conduce a Cortegana por 77 Km, tal como se detalla en la siguiente ruta:

**Cuadro 2.** Rutas y accesos a la zona evaluada

| <b>Ruta</b>          | <b>Tipo de vía</b> | <b>Distancia (km)</b> | <b>Tiempo estimado</b> |
|----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| Cajamarca - Celendín | Asfaltada          | 102                   | 2 h 19 min             |
| Celendín - Cortegana | Trocha carrozable  | 77                    | 3 h 16 min             |

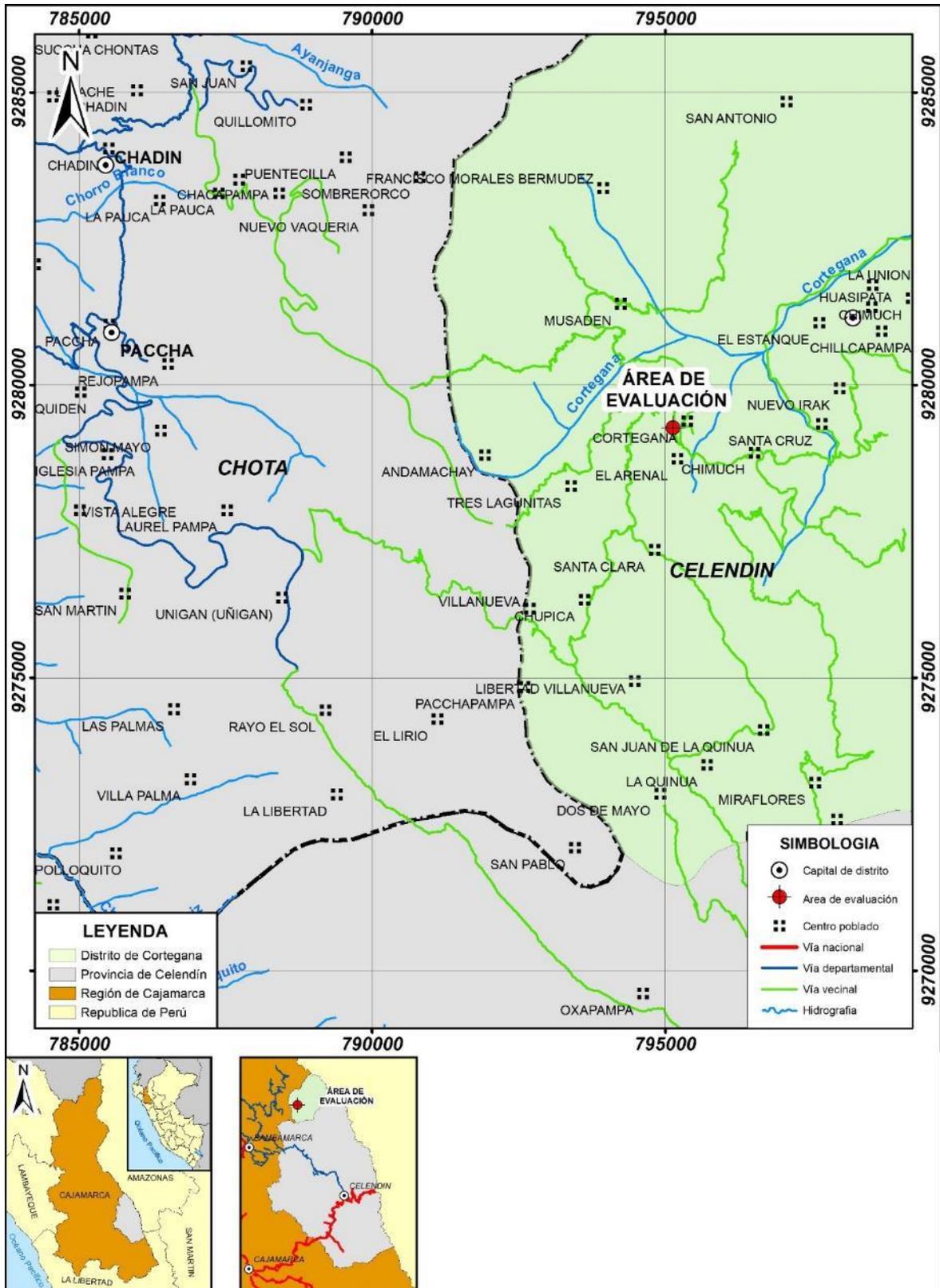


Figura 2. Ubicación del distrito de Cortegana, provincia de Celendín.

## 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.

**Aluvión:** Flujo extremadamente rápido que desciende por cauces definidos, formando ríos de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo. Están relacionados a lluvias excepcionales, aludes en nevados, movimientos sísmicos, ruptura de lagunas o embalses artificiales y desembalse de un río producido por un movimiento en masa.

**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.

**Buzamiento:** Ángulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

**Caída:** 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 caídas de rocas, suelos y derrumbes.

**Caída de rocas:** Tipo de caída producido cuando se separa una masa o fragmento de roca y el desplazamiento es a través del aire o caída libre, a saltos o rodando.

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

**Coluvio-deluvial:** Forma de terreno o depósito formado por la acumulación 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 prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

**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.

**Flujo:** 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 un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

**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:** 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 del área de estudio se elaboró teniendo como base el Boletín N° 39, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e (1987), el Mapa geológico del cuadrángulo de Celendín, mapa a escala 1: 100 000, así también, se empleó la actualización del cuadrángulo de Celendín (Hoja 14G) cuadrante – IV, escala 1: 50 000 (Mamani et al., 2011).

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

#### 3.1 Unidades litoestratigráfica

##### a. Formación Chúlec (Ki-chu)

Determinada por Mc Laughlin (1925) consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por meteorización adquieren un color crema-amarillento, las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados.

Se identificó un afloramiento al oeste del sector Cortegana, con múltiples familias de discontinuidades, de superficie lisa, altamente meteorizada con rellenos compactos (fotografías 1, 2 y 3).

La superficie fresca se encuentra en una cantera, que fue excavada con la finalidad de obtener material para el mantenimiento mecanizado de la carretera Cortegana – Pueblo Nuevo.



**Fotografía 1.** Calizas arenosas, por su meteorización su coloración es crema con tonalidades blanquecinas.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279245 – **Este:** 795166



**Fotografía 2.** Afloramiento de calizas fosilíferas en cantera de agregados.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279236 – **Este:** 795183.



**Fotografía 3.** Estrías de falla en roca caliza.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279243 – **Este:** 795165.

#### **a. Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)**

Son depósitos de piedemonte, que se han originado por la movilización de materiales provenientes de las laderas por acción de la gravedad y agua.

En el sector evaluado están conformados por gravas y bloques angulosos, dentro de una matriz limo – arcillosa, estos depósitos se encuentran sobre un basamento calizas (fotografía 4).



**Fotografía 4.** Deposito coluvio - deluvial, compuestos por gravas y bloques subangulosos, dentro de una matriz limo arcillosa.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279365 – **Este:** 795283.

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 4

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

|                                      |  |   |
|--------------------------------------|--|---|
| <b>TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL</b> | <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<br>%                           | FORMA  | REDONDES                                     | PLASTICIDAD  |
|--|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Bolos               | <input checked="" type="checkbox"/> Esférica | <input type="checkbox"/> Redondeado          | <input type="checkbox"/> Alta plasticidad            |
| <input type="checkbox"/> Cantos              | <input type="checkbox"/> Discoidal           | <input type="checkbox"/> Subredondeado       | <input type="checkbox"/> Med. Plástico               |
| <input type="checkbox" value="65"/> Gravas   | <input type="checkbox"/> Laminar             | <input checked="" type="checkbox"/> Anguloso | <input checked="" type="checkbox"/> Baja Plasticidad |
| <input type="checkbox"/> Gránulos            | <input type="checkbox"/> Cilíndrica          | <input type="checkbox"/> Subanguloso         | <input type="checkbox"/> No plástico                 |
| <input type="checkbox"/> Arenas              |  |  |  |
| <input type="checkbox" value="20"/> Limos    |  |  |  |
| <input type="checkbox" value="15"/> Arcillas |  |  |  |

| ESTRUCTURA                                 | TEXTURA                                     | CONTENIDO DE                                   | % LITOLOGÍA  |
|--|---|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Masiva | <input type="checkbox"/> Harinoso           | <input type="checkbox"/> Materia Orgánica      | <input type="checkbox"/> Intrusivos                |
| <input type="checkbox"/> Estractificada    | <input checked="" 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 type="checkbox" value="100"/> Sedimentarios |

**COMPACIDAD**

| SUELOS FINOS<br>Limos y Arcillas           | Arenas                             | SUELOS GRUESOS<br>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 checked="" type="checkbox"/> ML | <input type="checkbox"/> CH | <input type="checkbox"/> CL | <input type="checkbox"/> OH |
| <input type="checkbox"/> GP | <input type="checkbox"/> SW            | <input type="checkbox"/> OL            | <input type="checkbox"/> PT | <input type="checkbox"/> SM |                             |
| <input type="checkbox"/> GM | <input type="checkbox"/> SP            | <input type="checkbox"/> MH            |                             |                             |                             |
| <input type="checkbox"/> SM | <input type="checkbox"/> SC            |  |                             |                             |                             |

## 4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Se realizó un levantamiento fotogramétrico usando dron, obteniéndose el modelo digital del terreno con una resolución 40 cm por pixel, para el modelo digital de elevaciones y 0.40 cm por pixel para la ortofoto, información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico del relieve y cartografiado in situ.

### 4.1 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio comprende elevaciones desde 2106 hasta 2819 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 sean de menor pendientes y los de menor espesor serán aquellos que presentes mayor variación de alturas. Del análisis se determinó, que la mayor área en extensión comprende alturas entre 2225 a 2344 m s.n.m. comprendiendo el área urbana de Cortegana como también la zona destinada para el cultivo, el siguiente área con mayor extensión está comprendida entre 2344 a 2462 m s.n.m. comprendiendo una pendiente media de 20°, este nivel altitudinal comprende la montaña que se extiende desde la zona sureste, el oeste hasta llegar al norte de la zona evaluada, además este nivel es el que presenta la ocurrencia de peligro geológico (Anexo I – Mapa Altitudinal).

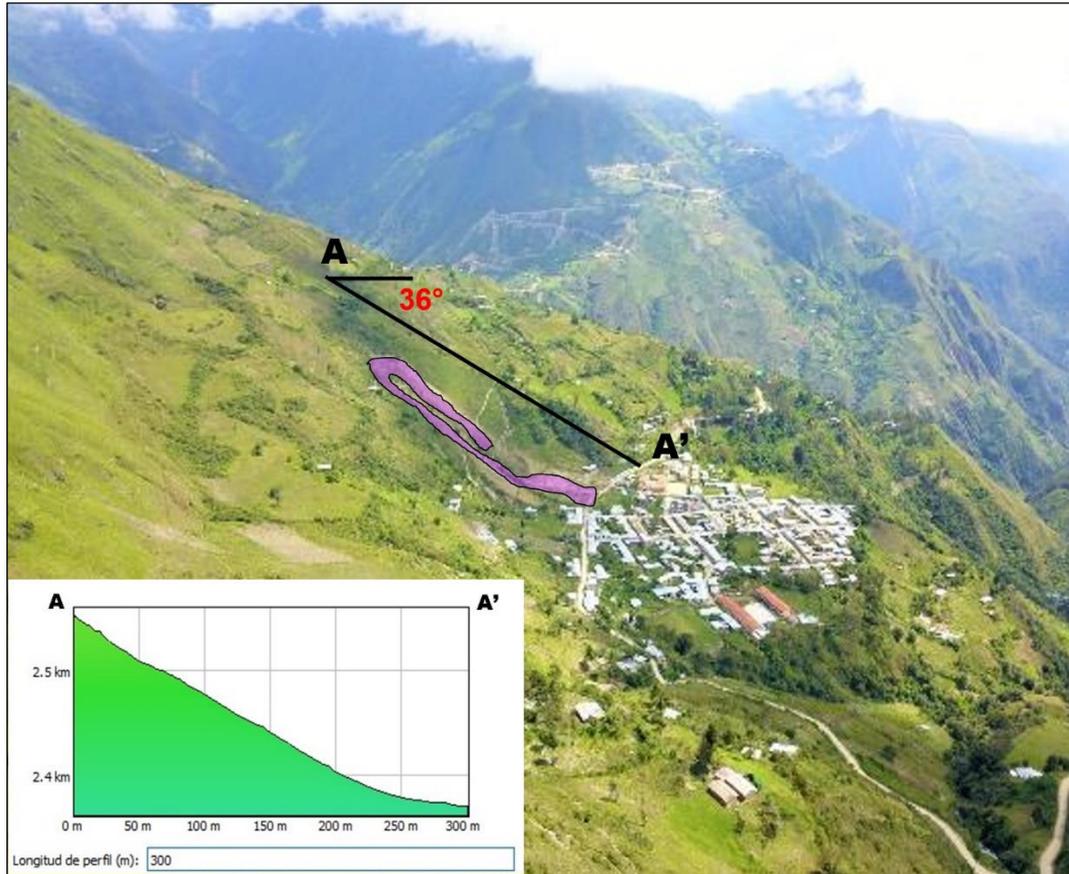
Los niveles superiores promedian pendientes de 25° (pendientes escarpadas) y muy escarpada mayor a 45°. (Anexo I – Mapa de pendientes).

### 4.2 Pendiente del terreno

El rango de pendientes identificado en el sector Cortegana, es variable comprende pendientes suaves hasta muy escarpadas (figura 3), en la parte escarpada se tiene actividad agrícola.

Hacia el oeste de la zona evaluada se encuentra los puntos topográficos más altos, de los cuales discurre el agua en los periodos de lluvia e incluso formas quebradas intermitentes, la pendiente promedio de la ladera es 35°, el punto de inflexión ha generado que la acumulación del material denudado, originando así el piedemonte coluviodeluvial.

La pendiente del evento es  $36^\circ$ , la dirección de desplazamiento es de oeste a este, hacia el este determinamos que la superficie del terreno tiene una pendiente suave, donde se deposita los fragmentos de roca y detrito, así como el lodo desplazado.



**Figura 3.** Pendiente escarpada de la zona evaluada.

### 4.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas del sector de Cortegana, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019), así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del INGEMMET (Anexo I – Mapa Geomorfológico).

#### **Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional**

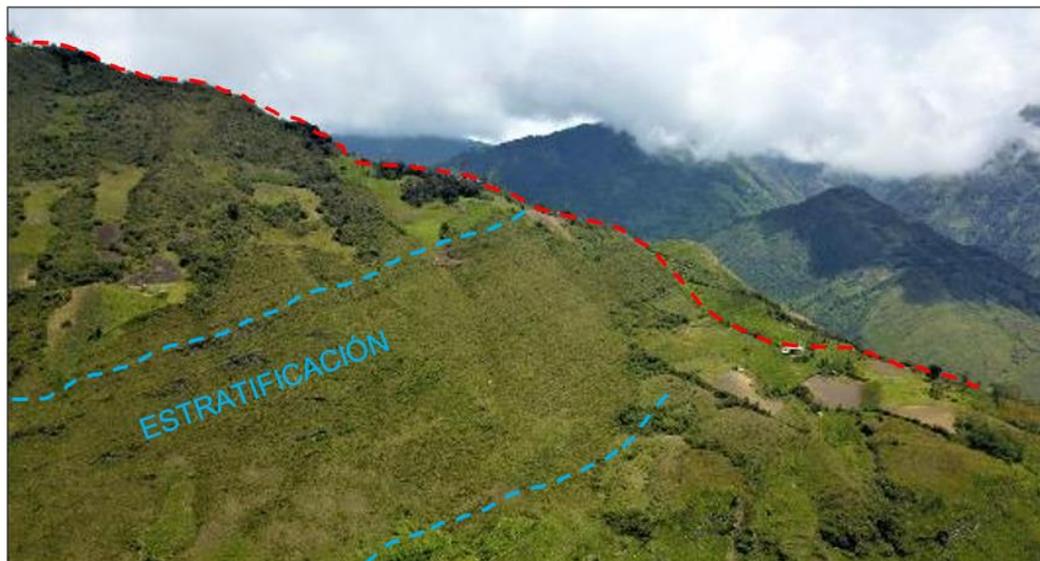
Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes:

### Unidad de montaña

Cadena montañosa, se define como: “una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30%” (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 63).

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

Conformada por rocas calcárea, disectada por quebradas, tienen formas irregulares a alargadas, debido a su naturaleza litológica produce geformas escarpadas (figura 4), cuyo drenaje característico es sub dendrítico a dendrítico.



**Figura 4.** Subunidad de montaña estructural.

Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279076 – **Este:** 794852.

### Geformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Estas geformas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, glaciares y vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de los terrenos más elevados.

### Unidad piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional

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

Formados por acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial (material con poco transporte), estos se encuentran interestratificados y no es posible diferenciarlos” (Vílchez et al., 2019), el material analizado in situ fue constituido por fragmentos de roca de formas subredondeados y angulosos de calizas fosilíferas y margas pardo amarillentas, los cuales están distribuidos de manera heterogénea, la pendiente promedio comprende entre 5° a 15° (figura 5).



**Figura 5.** Delimitación de piedemonte coluvio – deluvial.  
 Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279076 – **Este:** 795843.

El futuro mercado de abastos se encuentra proyectado sobre la sub unidad coluvio - deluvial, el espacio físico del proyecto corresponde a la zona de acumulación. (figura 6).



**Figura 6.** Piedemonte coluvio – deluvial.  
 Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279327 – **Este:** 795220.

## 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, lluvias intensas, 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 identificados en el sector evaluado, corresponden a un flujo de detritos y caída de rocas (Anexo I – Mapa de peligros geológicos).

### 5.1 Características visuales de los eventos

Se diferencian dos eventos, flujo de detritos y caída de rocas, el segundo está compuesto por bloques de roca de hasta 1.50 m de diámetro, de composición calcárea, sub redondeados y angulosos (figuras 7).

El flujo de detritos presenta las siguientes características:

- Ancho promedio de la zona de arranque: 52 m.
- Diferencia de altura entre la corona y base: 125 m.
- Longitud del flujo: 226 m.
- Área total del evento geológico: 7400 m<sup>2</sup>.
- Área de acumulación: 2300 m<sup>2</sup>.
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada.
- La dirección del desplazamiento: oeste a este.

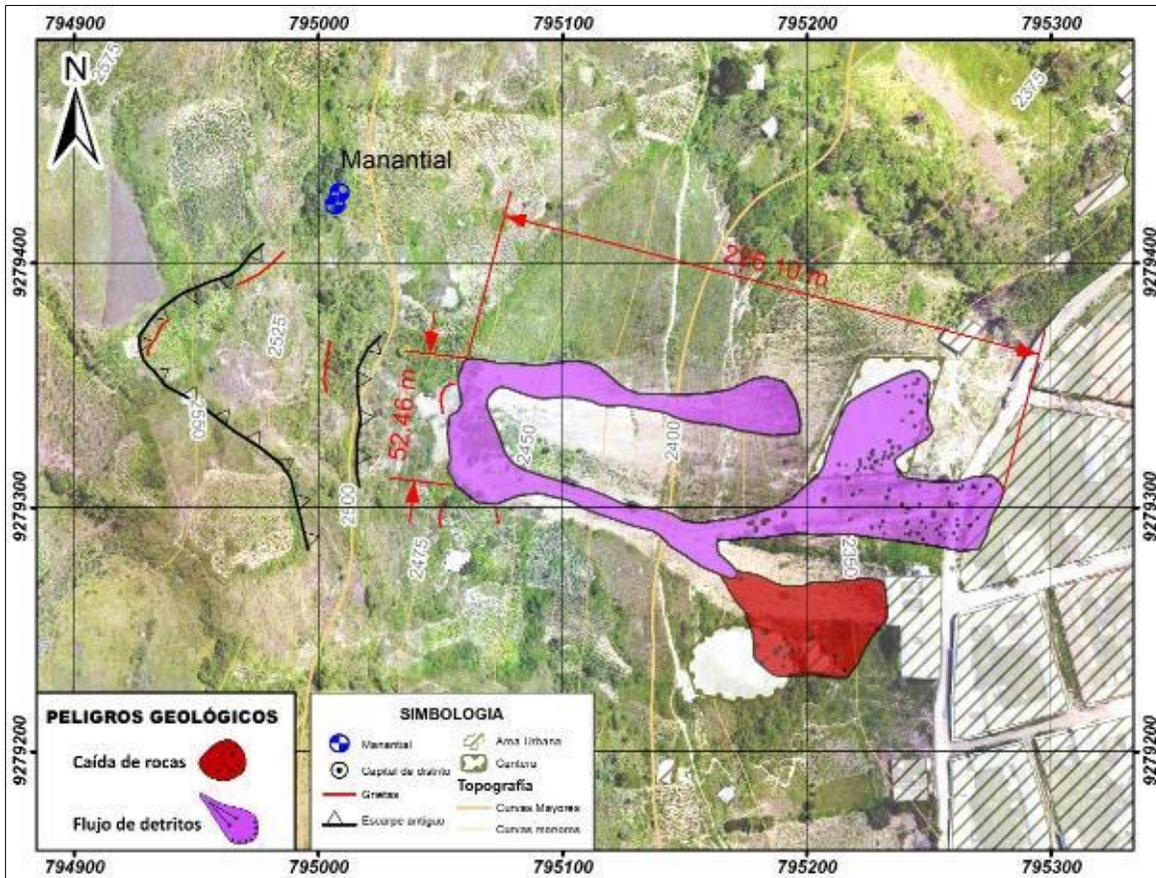


Figura 7. Peligros geológicos del sector evaluado.

## 5.2 Factores condicionantes

### Factor litológico

En el contacto entre calizas y lutitas de la Formación Chúlec, se evidencia mucha humedad, lo que indica que se encuentra muy saturada.

En base al mapa geológico (Anexo I – Mapa geológico), se determina un plegamiento, el cual fue corroborado en campo (Coordenadas UTM 795378 E – 9279512 N), se trata de un anticlinal formado por esfuerzos compresivos en los macizos rocosos (esfuerzos que generan fallas y diaclasamientos), su flanco derecho presenta rumbo N315° y buzamiento 48° al NE, el flanco izquierdo un rumbo N122° y buzamiento 25° SO, así mismo se pueden diferenciar 5 familias de discontinuidades (figuras 8, 9 y cuadro 3).

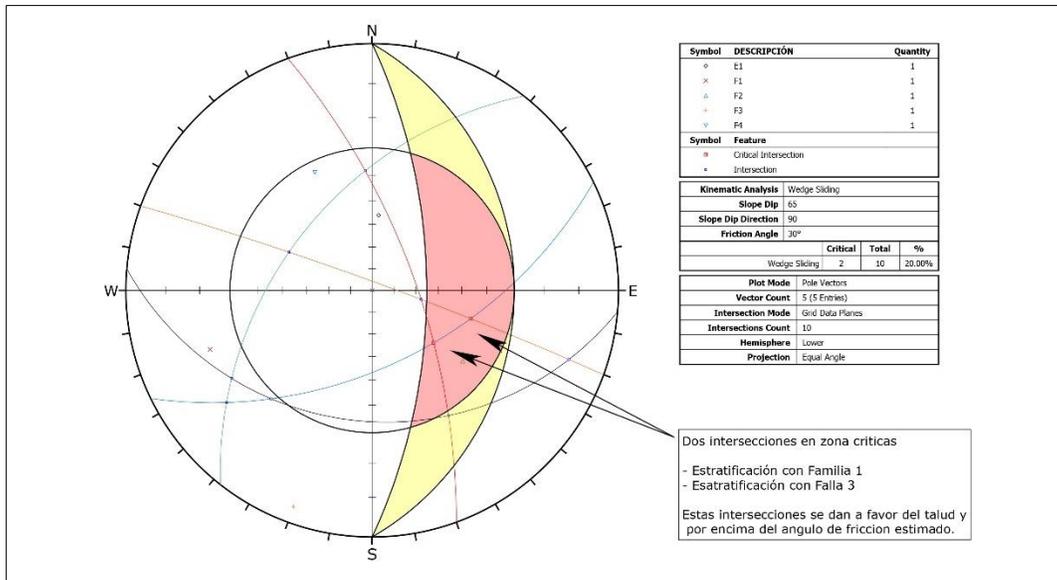


Figura 8. Análisis estructural de discontinuidades.

### Cuadro 3. Familia de discontinuidades

| Discontinuidades                     | Rumbo | Buzamiento | Descripción             |
|--------------------------------------|-------|------------|-------------------------|
| F1                                   | N 340 | 70 NE      | Familia 1               |
| F2                                   | N 218 | 50 NW      | Familia 2               |
| F3                                   | N 290 | 86 NE      | Fallas A                |
| F4                                   | N 64  | 56 SE      | Fallas B                |
| E1                                   | N 95  | 34 S       | Estratificación Calizas |
| Talud                                | N 0   | 65 E       | Cantera                 |
| Coordenadas UTM 795159 E – 9279235 N |       |            |                         |



Figura 9. Anticlinal en calizas arenosas.  
 Coordenadas UTM WS-84 -17S, Norte: 9279512 – Este: 795378.

## Pendiente

La pendiente del sector Cortegana comprende un promedio de 25° a 45°, clasificada como escarpada, que favorece los procesos denudativos (figura 10).



**Figura 8.** Pendientes del terreno natural.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279256 – **Este:** 795141.

## Factor antrópico

La vegetación nativa es retirada por completo en los terrenos con menor pendiente para instalación de cultivos agrícolas y son arados con la finalidad de remover el suelo, estas condiciones favorecen la infiltración de agua; además el método de regadío es por inundación, lo que favorece la infiltración de agua y saturándolos fácilmente.

Así mismo se tiene la explotación del macizo rocoso (empleados como material de afirmado en la carretera de Cortegana a Pueblo Nuevo), sin orientación técnica, grandes bloques del talud de corte caen sobre vivienda, afectándola y dejándola inhabitable.

Existen canales de regadío sin revestimiento en mal estado, esto permite la filtración de agua hacia la zona donde se origina el flujo de detritos.

## 5.3 Factores desencadenantes

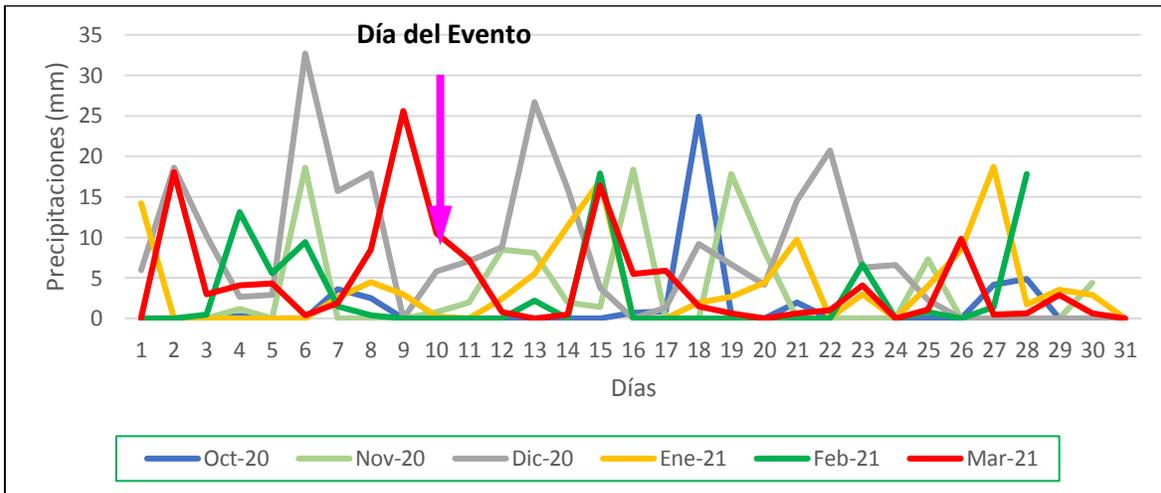
### Factor Hidrológico

Las lluvias en el periodo de noviembre a marzo son las que poseen más incidencia en la infiltración de agua.

En el gráfico 1, se presentan los datos de precipitación en mm por los meses comprendidos desde octubre de 2020 a marzo de 2021, el evento se suscitó el día 10 de marzo de 2021 aproximadamente a las 10:00 am, se muestran los datos obtenidos en la estación meteorológica "Quebrada Shugar" cuadro 4.

**Cuadro 4.** Ubicación de estación meteorológica "QUEBRADA SHUGAR"

| Estación meteorológica: QUEBRADA SHUGAR |                     |            |           |           |            |
|---|---------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Departamento:                           | CAJAMARCA           | Provincia: | HUALGAYOC | Distrito: | BAMBAMARCA |
| Latitud:                                | 6°41'16"            | Longitud:  | 78°27'25" | Altitud:  | 3292 msnm. |
| Tipo:                                   | PLU - Meteorológica | Código:    | 100113    |           |            |



**Gráfico 1.** Precipitaciones periodo febrero - mayo de año 2020 y 2021

En el gráfico 1 se aprecia que existe un pico de lluvias mayor el 6 de diciembre de 2020 que alcanzó los 32 mm, se deduce que las precipitaciones de noviembre no fueron altas brindando el tiempo para el drenado natural del suelo; en febrero de 2021 en la última semana las lluvias se incrementaron, continuando hasta el 5 de marzo, el día 7 de marzo se reinician las lluvias con 2 mm, y el día 9 de marzo supero los 25 mm, todo el proceso mencionado provoco un saturación del terreno, desencadenándose el evento el día 10 de marzo.

#### 5.4 Daños

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

- La caída de rocas destruyó una vivienda, tras impactar un bloque de roca en la pared (tapial) que la desestabilizó, esto contrajo el agrietamiento en toda la edificación, se apreciaron grietas de hasta 2 cm de apertura (fotografía 5).
- El flujo de detritos afectó cultivos en un área de 5000 metros cuadrados, principalmente plantaciones de maíz (figura 11).

- Las rocas transportadas por el flujo llegaron a la carretera impactando una camioneta que se encontraba estacionado (figura 12).
- El flujo de detritos produjo la interrupción de la carretera Cortegana – Pueblo Nuevo en un tramo de 32 metros.



**Fotografía 5.** Vivienda destruida por caída de rocas, afectó estructura de la vivienda.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279239 – **Este:** 795197.



**Figura 11.** Área de cultivo afectado por flujo de de detritos.  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279265 – **Este:** 795204.



**Figura 12.** Vehículo destruido por caída de rocas  
(Fuente: Reporte De Emergencia N° 035. G.R.C.).  
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9279329 – **Este:** 795273.

## CONCLUSIONES

- a) En el sector evaluado afloran calizas intercalas con lutitas calcáreas, medianamente fracturadas, moderadamente meteorizadas, de color crema-amarillento, las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados, correspondientes a la Formación Chúlec.
- b) Geomorfológicamente, el sector de Cortegana está caracterizado por dos subunidades, la primera de montaña estructural de roca sedimentaria correspondiente a un terreno escarpado (pendientes mayores a 25°), y la subunidad de piedemonte coluvio - deluvial comprendida con pendientes de 5° a 15°, área donde se ha asentado la población de Cortegana.
- c) En el sector de Cortegana se identificaron movimientos de masa como flujo de detritos y caídas de rocas, que afectaron la vía vecinal Cortegana - Pueblo Nuevo.
- d) Los factores condicionantes para la ocurrencia movimientos en masa son:
  - Factor litológico - estructural, permite la filtración de agua, que conlleva a la pérdida de la cohesión
  - Pendiente del terreno muy escarpada
  - Intervención antrópica.
- e) El factor desencadenante para la ocurrencia de flujo de detritos son las lluvias intensas.
- f) Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del sector evaluado, se considera como **Zona Crítica de peligro Muy Alto** a la ocurrencia de flujo de detritos.

## RECOMENDACIONES

- a) Efectuar la reubicación de la vivienda destruida.
- b) Delimitar y restringir la construcción de edificaciones en la zona de afectada por el flujo de detritos.
- c) Remediar los canales de regadío que no se encuentran en funcionamiento con la finalidad de evitar la acumulación e infiltración de agua.
- d) Canalizar el agua de los manantiales e implementar un sistema de drenaje superficial, con la finalidad de impedir la infiltración del agua al terreno.
- e) Realizar un inventario de manantiales.
- f) Realizar un estudio de evaluación de riesgos – EVAR, con la finalidad de definir las mejores propuestas para intervenir en la zona.
- g) Monitoreo constante, frente a probable reactivación del evento, hay que recalcar la presencia de grietas y el escarpe de un deslizamiento antiguo que se encuentra sobre el evento actual, estas grietas tensionales favorecen la infiltración de agua.
- 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 pueden ser coordinadas e impartidas por el Ingemmet.
- i) En la parte oeste de la carretera Cortegana – Pueblo Nuevo, instalar barretas estáticas para evitar la caída de rocas que interrumpen el tránsito y salvaguarda a la población que transite por la zona.

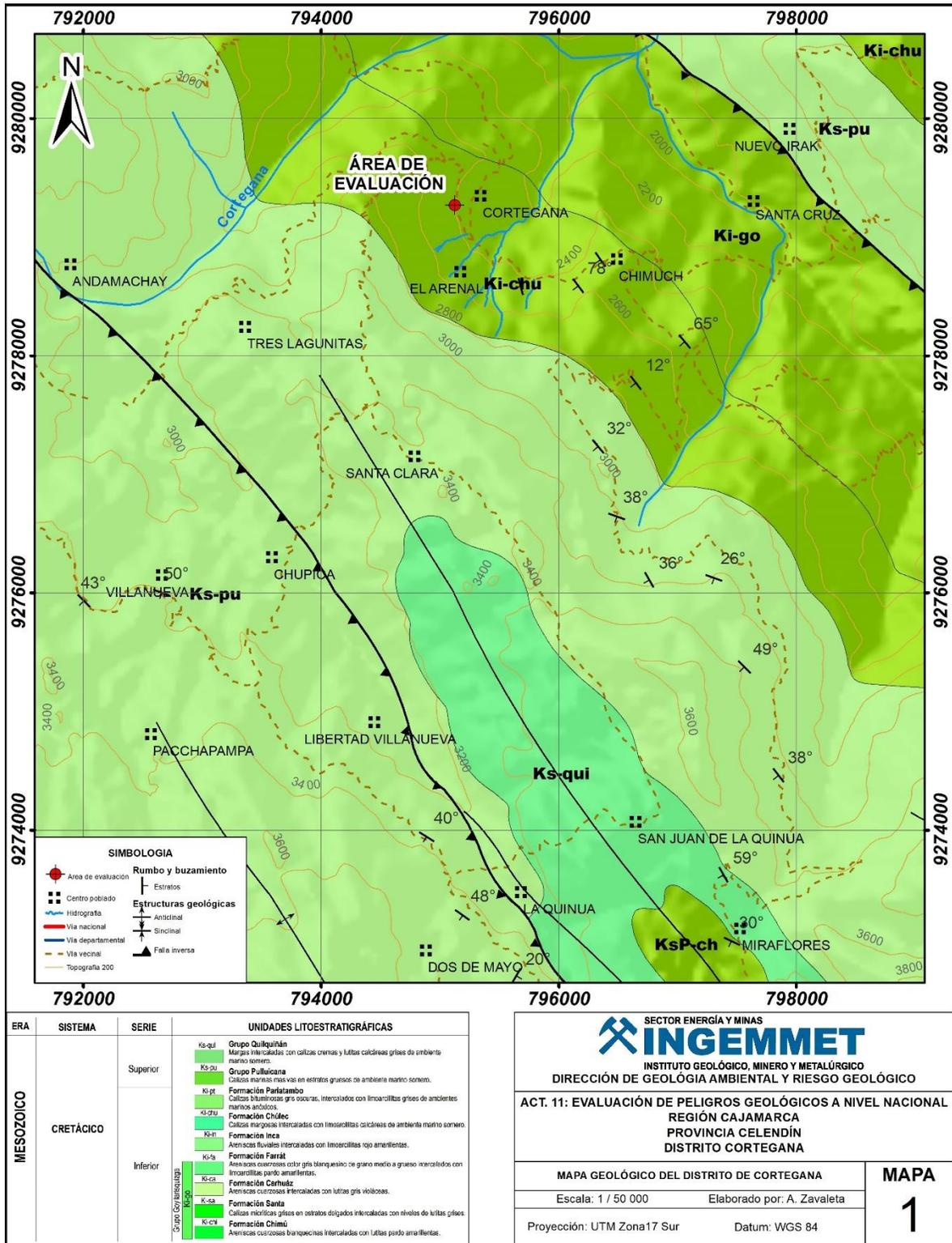
  
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610

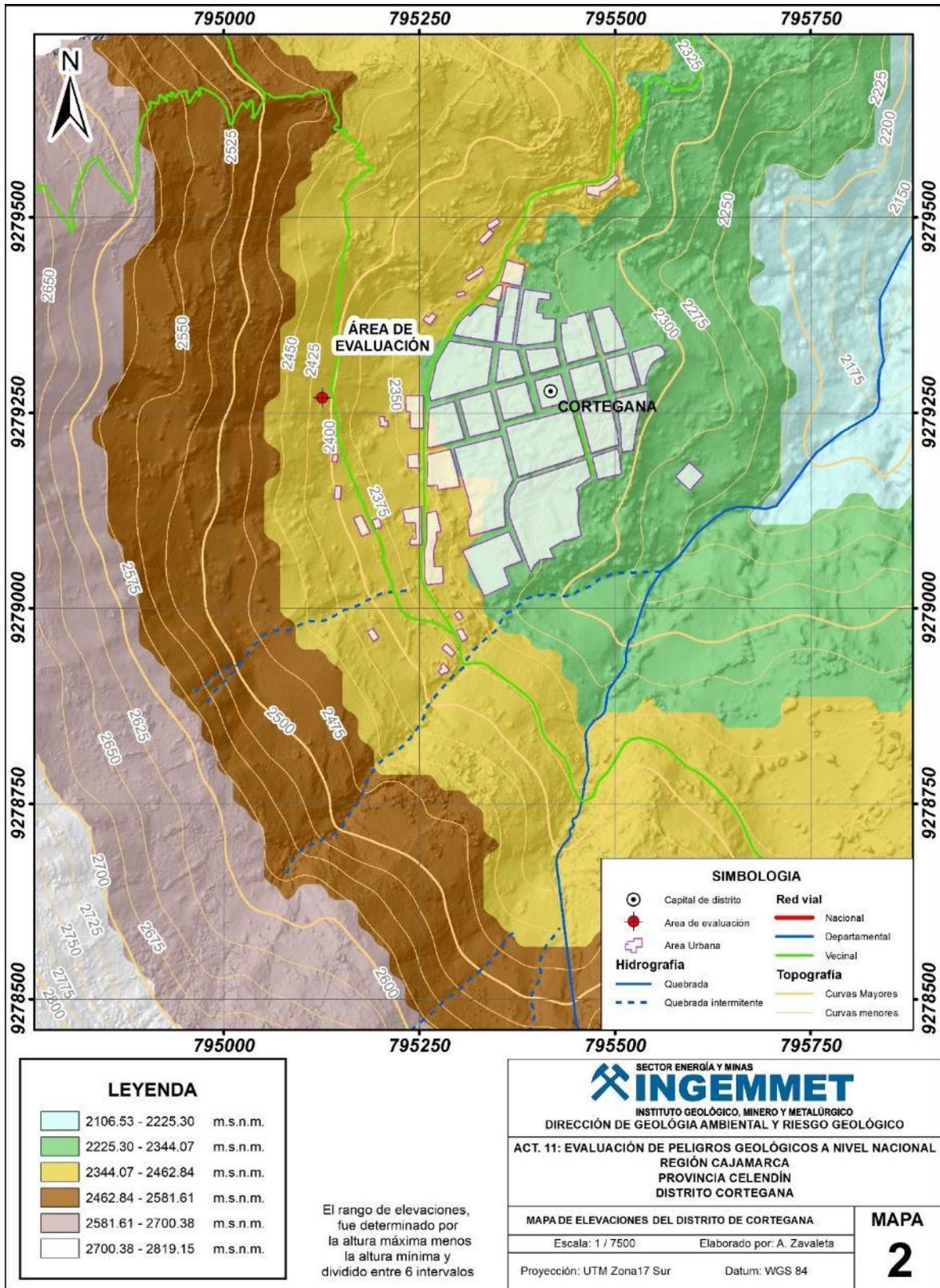
  
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL  
Director  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
INGEMMET

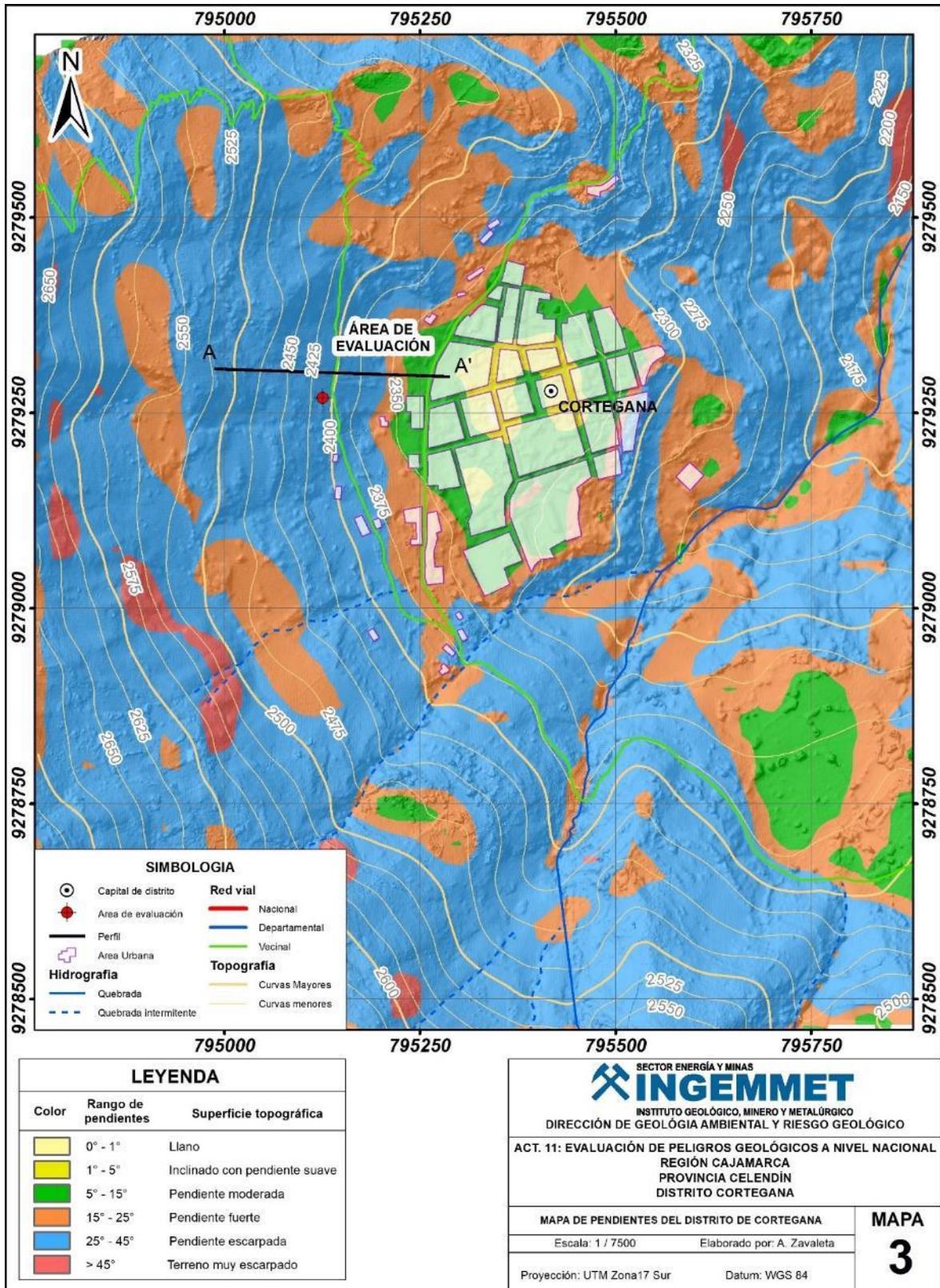
## BIBLIOGRAFÍA

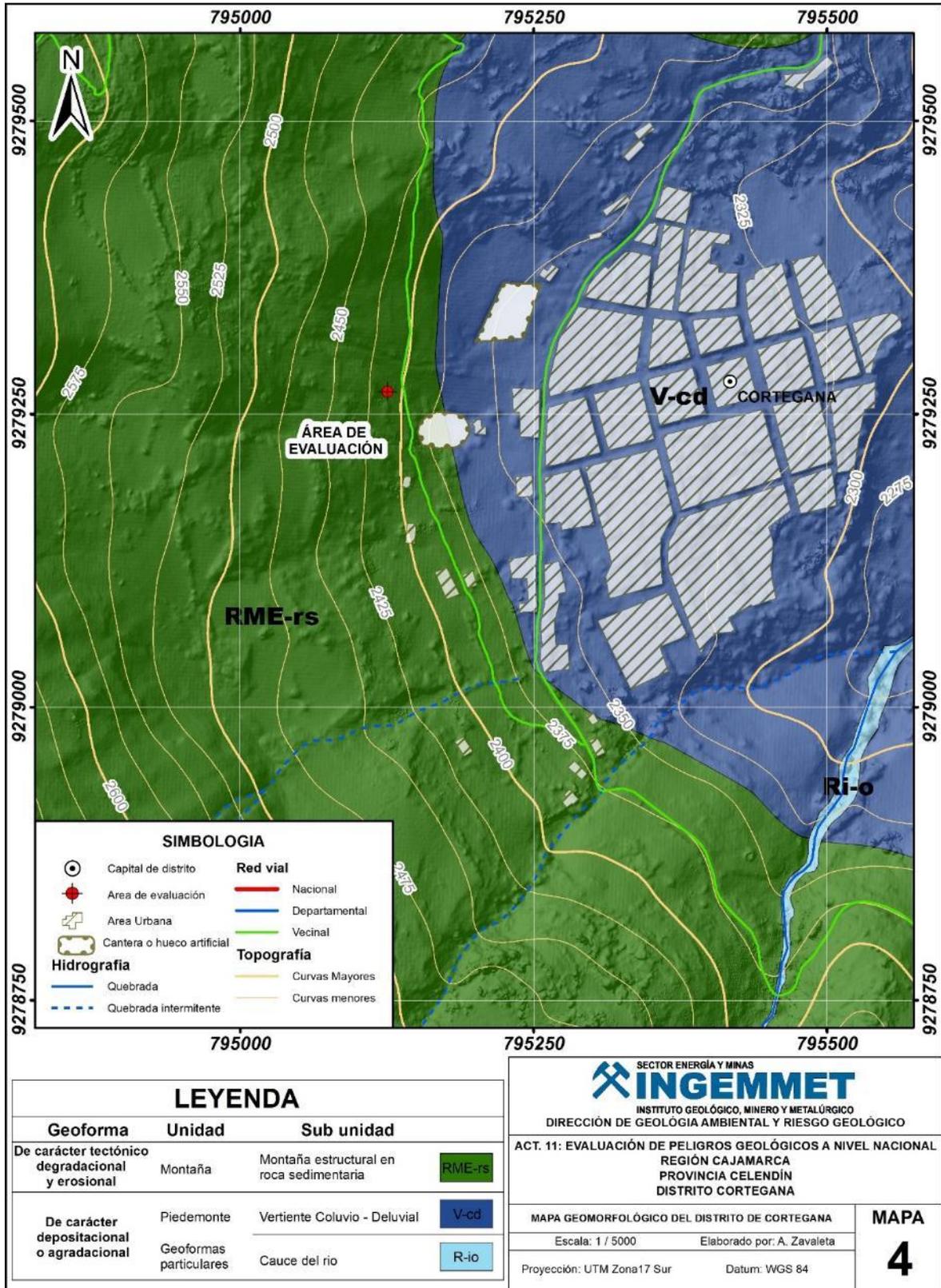
- Corominas Dulcet, J., & García Yagué A. (1997). Terminología de los movimientos de laderas, en Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., 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.
- 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.

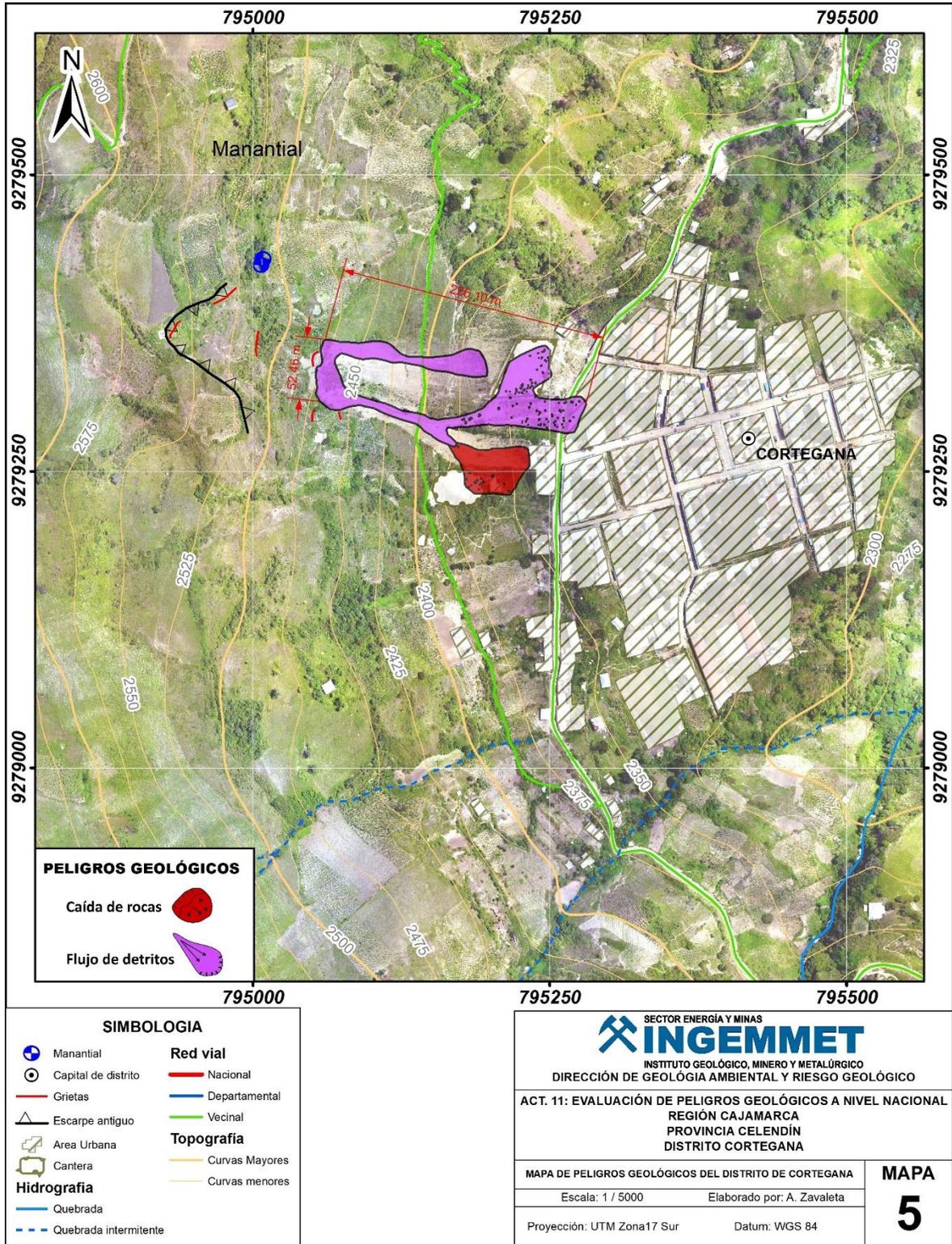
**ANEXO 1. MAPAS**











## 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 95.** Ejemplo de barrera estática construida para protección de caída de rocas