



Informe técnico: N°02-2020/GRC-ODN-GRD

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO DE TUAL 2020

PROVINCIA DE CAJAMARCA
DISTRITO DE CAJAMARCA
CASERÍO DE TUAL



Cajamarca – Perú
2020



Hecho digitalmente por
CANTARA QUISPE Elvis Ruben
UJ 30483744168 esdt
Wwa: Doy V° B°
ma: 10.08.2020 12:42:15 -05:00

Gobierno Regional de Cajamarca

Gobernador Regional:

Ing. Mesías Antonio Guevara Amasifuén

Vice Gobernadora Regional:

Lic. Angélica Bazán Chávarry

Director de la Oficina de Defensa Nacional:

Cri EP (r) Jorge Ricardo Torres Monteza

ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO

Equipo Técnico – Oficina de Defensa Nacional

Ing. Walter Antonio Torres Aguirre – Coordinador del Equipo Técnico

Ing. Jorge Piedra Cabanillas

Ing. Elvis Rubén Alcántara Quispe

Bach. Valeria Carrión Ortiz

Sr. Víctor Terán Bautista

Sr. Elmer Chávez Cerquín

Ing. Eliana Fiorella Alvarado Cosabalente

CONTENIDO	Pág.
1. RESUMEN	3
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVOS	3
4. METODOLOGÍA.....	4
5. ASPECTOS GENERALES	4
5.1. UBICACIÓN.....	4
5.2. ACCESO	6
5.3. HIDROGRAFÍA.....	6
5.4. FISIOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.....	8
5.5. PENDIENTES.....	8
6. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
6.1. GEOMORFOLOGÍA.....	11
6.2. GEOLOGÍA REGIONAL	11
6.3. GEOLOGÍA LOCAL.....	11
6.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	13
6.5. HIDROGEOLOGÍA.....	14
7. ASPECTOS DE GEODINÁMICA INTERNA.....	14
7.1. SISMICIDAD.....	14
7.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA ZONA	15
8. ASPECTOS DE GEODINÁMICA EXTERNA.....	15
9. ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS	18
9.1. CLIMA DE LA ZONA	18
9.2. ESCENARIO DE LLUVIAS PARA EL PERIODO DE LLUVIAS ENERO-MARZO	19
10. MEDIDAS DE MITIGACIÓN PLANTEADAS	20
10.1. A CORTO PLAZO	20
10.2. A MEDIANO PLAZO	22
10.3. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES	23
11. CONCLUSIONES	24
12. RECOMENDACIONES	24
13. REFERENCIAS	25

1. RESUMEN

El deslizamiento rotacional de Tual se desencadenó el 31 de diciembre del 2019, en la ladera de un cerro del caserío de Tual, perteneciente al distrito y provincia de Cajamarca; siendo los factores condicionantes del deslizamiento la baja resistencia geológica de los macizos rocosos de la zona y de los suelos superficiales, y el factor desencadenante la sobresaturación de los materiales. Actualmente, el deslizamiento está activo y puede aumentar su peligrosidad ya que el periodo de lluvias continuará hasta el mes de abril. En el presente informe se plantean una serie de medidas estructurales y no estructurales que se deben implementar para evitar posibles daños a la integridad de los habitantes y de sus medios de vida.

Como medidas estructurales, se recomienda realizar a corto plazo, la remoción de las rocas ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento, ya que pueden rodar y afectar a los habitantes de la zona; además de realizar un sistema de canales de coronación y perimetrales, para evitar la sobresaturación del material del deslizamiento. A mediano plazo, con ayuda de maquinaria, nivelar la parte baja del deslizamiento, donde se está acumulando el material constantemente, incrementando el nivel de peligro para las infraestructuras ladera abajo.

Adicionalmente, como medidas no estructurales se recomienda capacitar a la población en Gestión del Riesgos de Desastres, para que estén preparados en caso de que el deslizamiento aumentara su peligrosidad en lluvias intensas o eventos sísmicos fuertes. Realizar una inspección a los reservorios ubicados en la parte alta del cerro, para descartar posibles fallas en su infraestructura que podrían ser causas de este deslizamiento y posibles otros deslizamientos.

2. ANTECEDENTES

El día 31 de diciembre del 2019, a las 20:00 horas, se desencadenó un deslizamiento rotacional en el caserío de Tual, perteneciente al centro poblado del mismo nombre, distrito y provincia de Cajamarca, este evento fue reportado el día 1 de enero del 2020 por los representantes de la comunidad, quienes solicitaron que se realizara una inspección técnica de la zona, con el fin de que se brinde las recomendaciones inmediatas a los habitantes en vías de afectación por el deslizamiento, y se redacte un informe técnico que sirva como sustento para intervenciones más importantes, de ser el caso.

Personal técnico de la Oficina de Defensa Nacional del Gobierno Regional de Cajamarca, se apersonó al lugar el día 2 de enero, con el fin de levantar la información necesaria para la elaboración del informe técnico, además se realizó una exposición técnica a los habitantes sobre medidas de mitigación que se pueden aplicar inmediatamente, y suministrándoles los números de los contactos para mantener una comunicación directa con el Centro de Operaciones de Emergencia Regional.

3. OBJETIVOS

General

Evaluar geológica y geotécnicamente, el deslizamiento de Tual, distrito y provincia de Cajamarca.

Específicos

- Estudiar los aspectos generales de la zona: ubicación, accesos, hidrografía, fisiografía, topografía y pendientes.
- Caracterizar los aspectos geológicos de la zona: geomorfología, geología regional, geología local, geología estructural, e hidrogeología.
- Analizar los aspectos de geodinámica interna, y especialmente de geodinámica externa, exponiendo las características generales y morfométricas del deslizamiento.
- Presentar las conclusiones y recomendaciones alcanzados en el presente informe.

4. METODOLOGÍA

El trabajo consistió en 3 etapas.

✓ Primera etapa de gabinete

Contempló la recopilación de información base desde la zona afectada, así como del análisis de los posibles factores condicionantes y desencadenantes del deslizamiento.

✓ Etapa de campo

Se desarrolló el día 2 de enero del 2020, donde se recopiló la información necesaria para la elaboración del presente informe, contemplándose la toma de información documentaria, fotográfica, y la realización de un levantamiento fotogramétrico de toda la zona.

Fotografía 1. Inspección a la zona del deslizamiento junto con los pobladores locales.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

✓ Segunda etapa de gabinete

Contempló la etapa del procesamiento de la información, elaboración de los planos, gráficos y del informe final. Para el desarrollo de análisis en SIG, se afianzó de un modelo digital de elevaciones de la fuente Alos Palsar N° 26155¹.

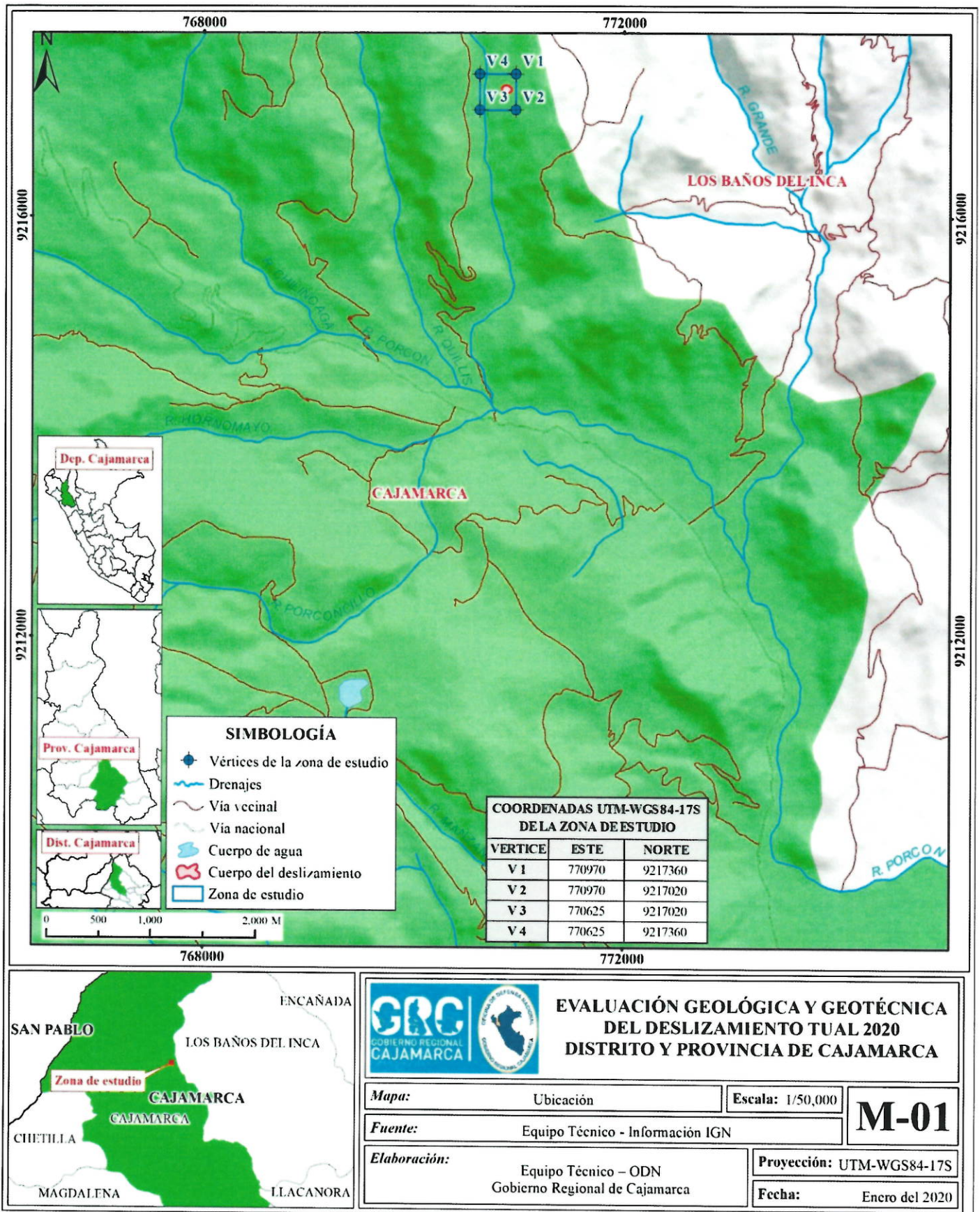
5. ASPECTOS GENERALES

5.1. UBICACIÓN

Políticamente, la zona de estudio se ubica al norte de la ciudad de Cajamarca; en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca (Mapa 1), en el caserío de Tual, centro poblado del mismo nombre.

Geográficamente, se encuentra en los andes occidentales del norte del Perú, formando parte de la subcuenca del río Grande, afluente del río Crisnejas.

Mapa 1. Ubicación política de la zona de estudio.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

Se delimitó una zona para el estudio, cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Coordenadas que delimitan la zona de estudio (proyección UTM WGS84 17S).

Vértice	Este	Norte
1	770970	9217360
2	770970	9217020
3	770625	9217020
4	770625	9217360

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

Siendo las coordenadas del punto central del deslizamiento, las siguientes:

Tabla 2. Coordenadas del punto central del deslizamiento (proyección UTM WGS84 17S).

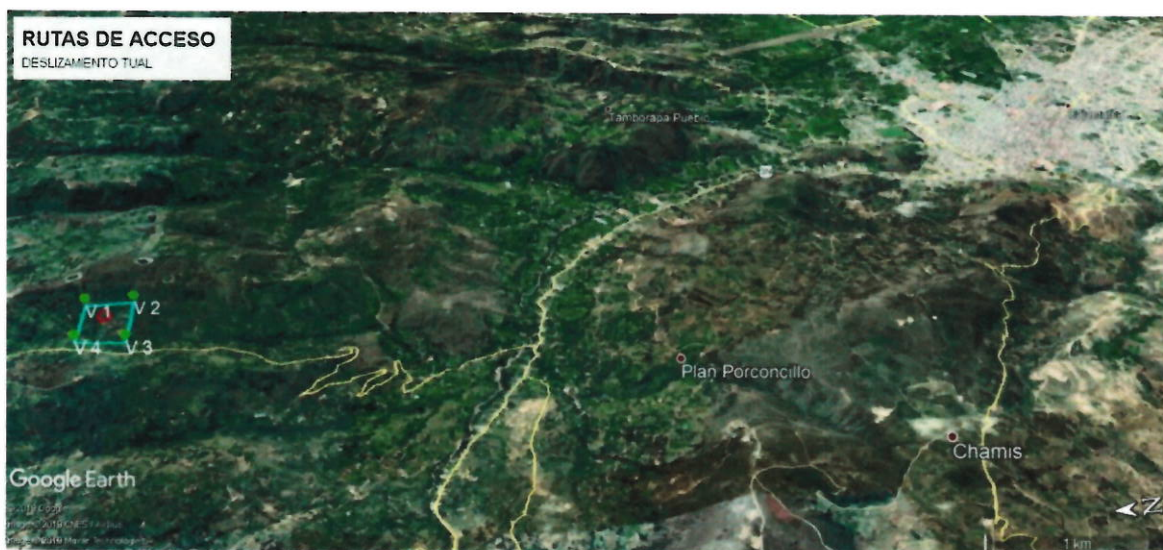
Punto	Este	Norte
Centro del deslizamiento	770970	9217360

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

5.2. ACCESO

Para llegar a la zona, se debe seguir la carretera 3N (tramo Cajamarca-Hualgayoc) unos 6.6kms desde la ciudad de Cajamarca (15 minutos), luego se ingresa la vía vecinal que va al centro poblado de Tual, avanzando unos 6km (15 minutos), finalmente se sigue caminos locales para llegar a la zona del deslizamiento (10 minutos).

Figura 1. Rutas de acceso a la zona del deslizamiento.

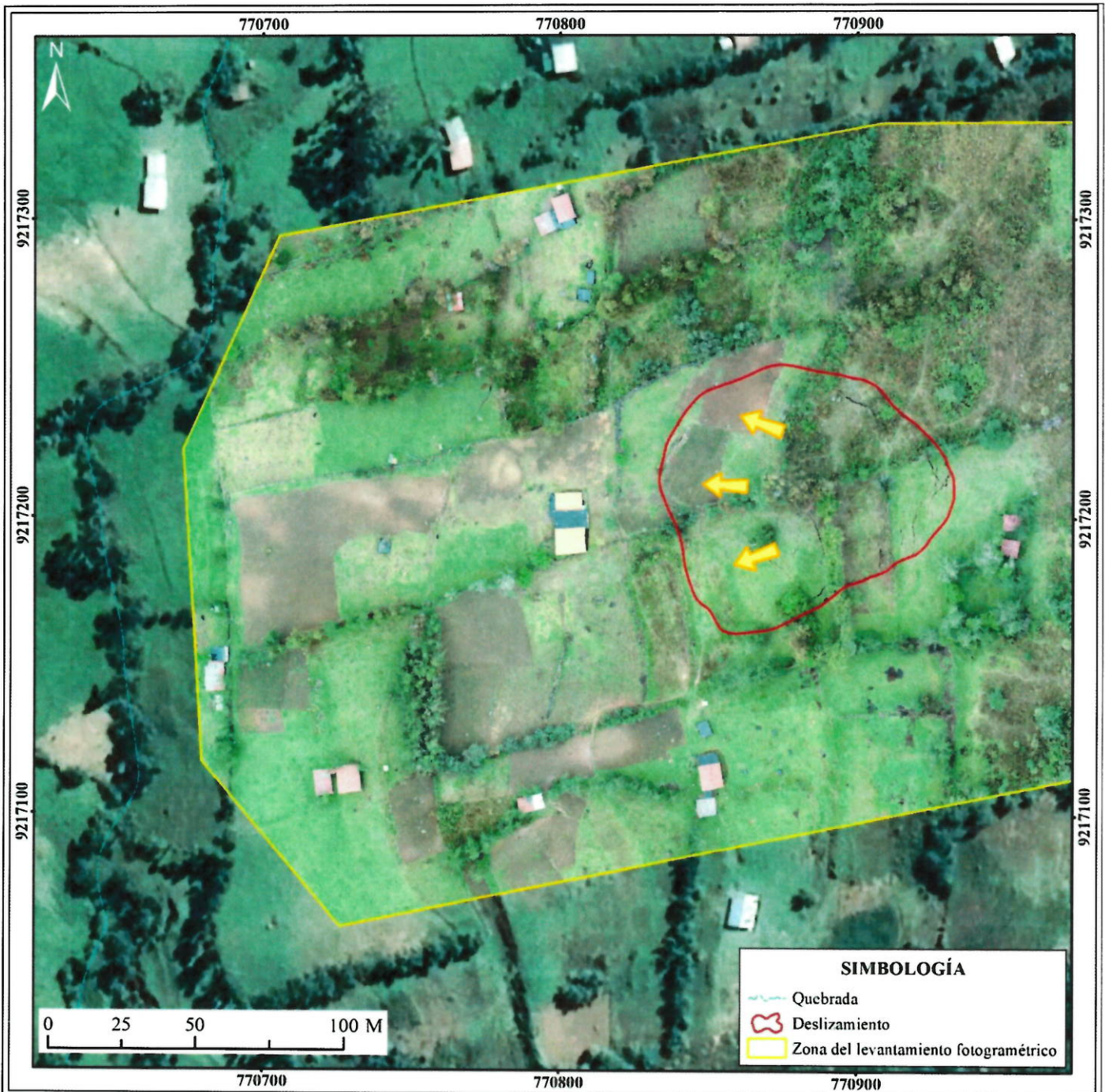


Fuente: Equipo técnico ODN-GRC, Google Earth.

5.3. HIDROGRAFÍA

En los alrededores del área de estudio, solo existen quebradas estacionales, siendo la más importante, la ubicada en la parte baja del deslizamiento (Mapa 2); además existen muchos manantiales lo que indica la fuerte presencia de aguas subterráneas en la zona.

Mapa 2. Imagen satelital y ortomosaico.



SIMBOLOGÍA	
	Quebrada
	Deslizamiento
	Zona del levantamiento fotogramétrico



**EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA
DEL DESLIZAMIENTO TUAL 2020
DISTRITO Y PROVINCIA DE CAJAMARCA**

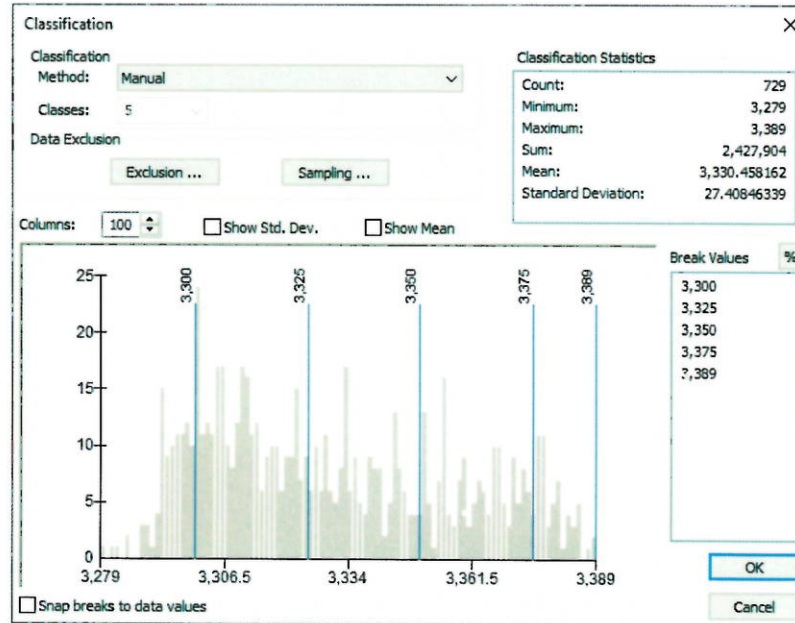
Mapa: Imagen satelital y ortomosaico	Escala: 1/2,000	M-02
Fuente: Google 2019 - Levantamiento fotogramétrico 02/01/2020		
Elaboración: Equipo Técnico – ODN Gobierno Regional de Cajamarca	Proyección: UTM-WGS84-17S	Fecha: Enero del 2020

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

5.4. FISIOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

La zona muestra un relieve montañoso con superficie suave, propio de los terrenos de origen volcánico, con altitudes que van desde los 3279 a los 3389 msnm., con un promedio de 3330 msnm. (Gráfico 1), estando el cuerpo del deslizamiento a unos 3350 msnm (Mapa 3).

Gráfico 1. Distribución de altitudes dentro de la zona de estudio.

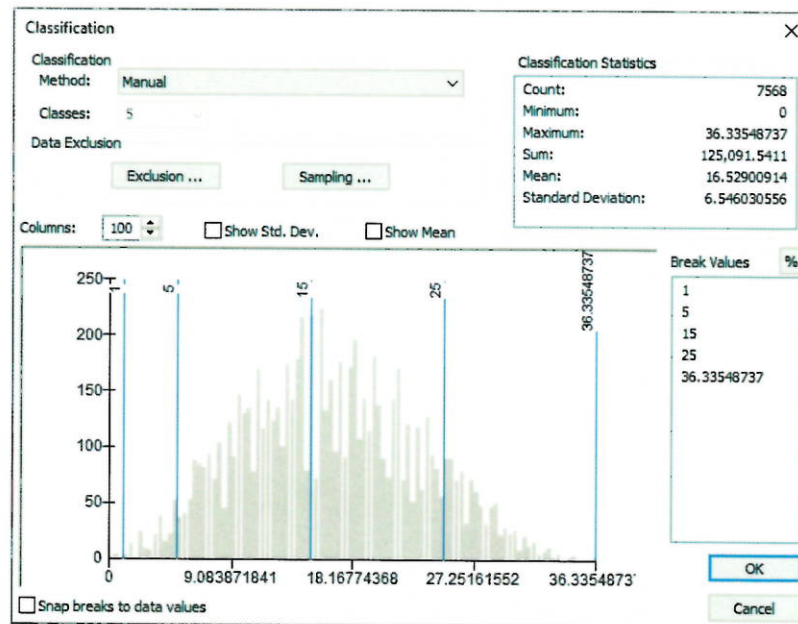


Fuente: Equipo técnico ODN-GRC, ArcGIS.

5.5. PENDIENTES

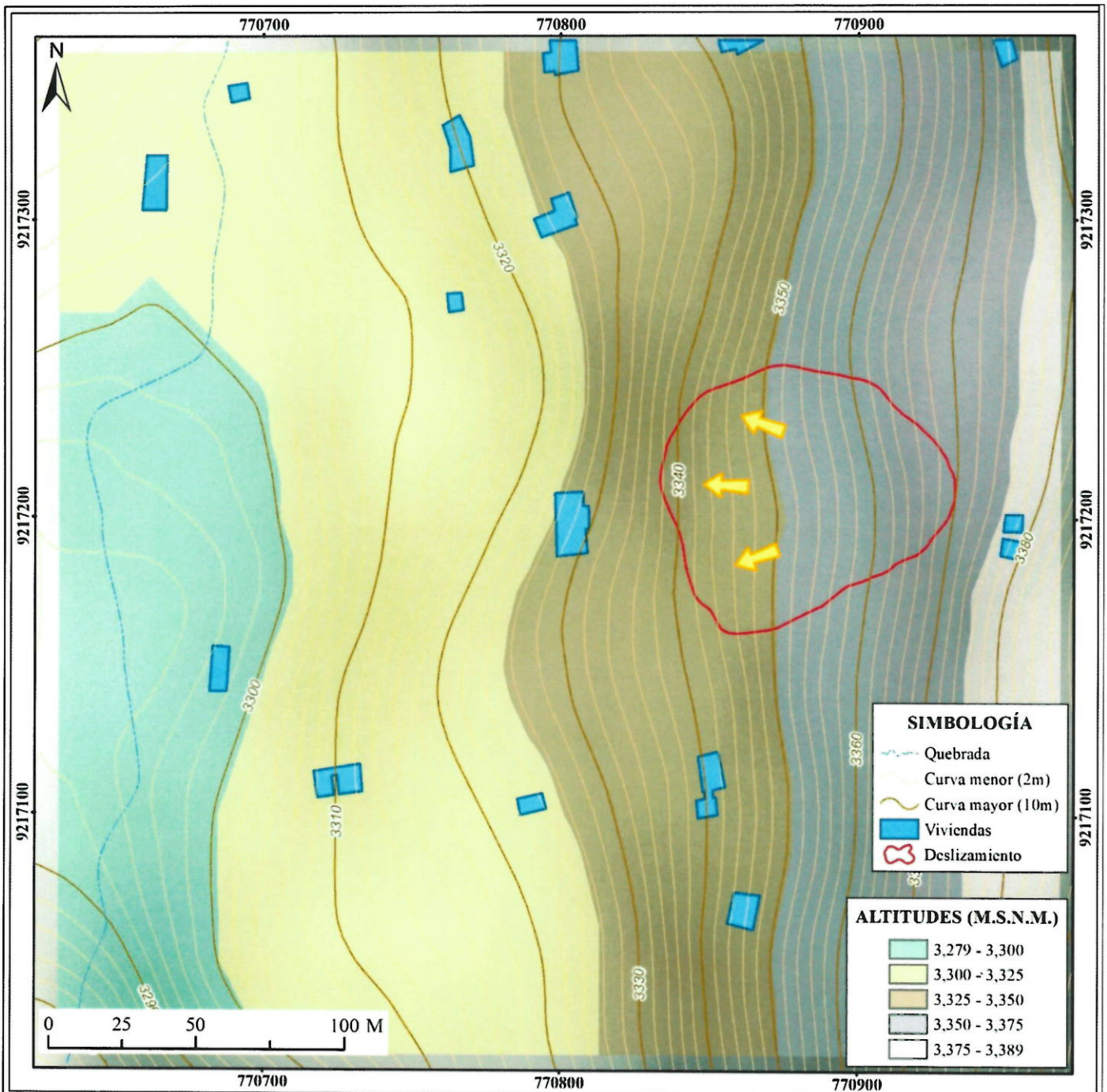
La zona muestra pendientes que van hasta los 36°, siendo mientras que el promedio es de 16° (Gráfico 2), encontrándose el cuerpo del deslizamiento en el rango de entre 25° a 36° (Mapa 4).

Gráfico 2. Distribución de pendientes dentro de la zona de estudio.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC, ArcGIS.

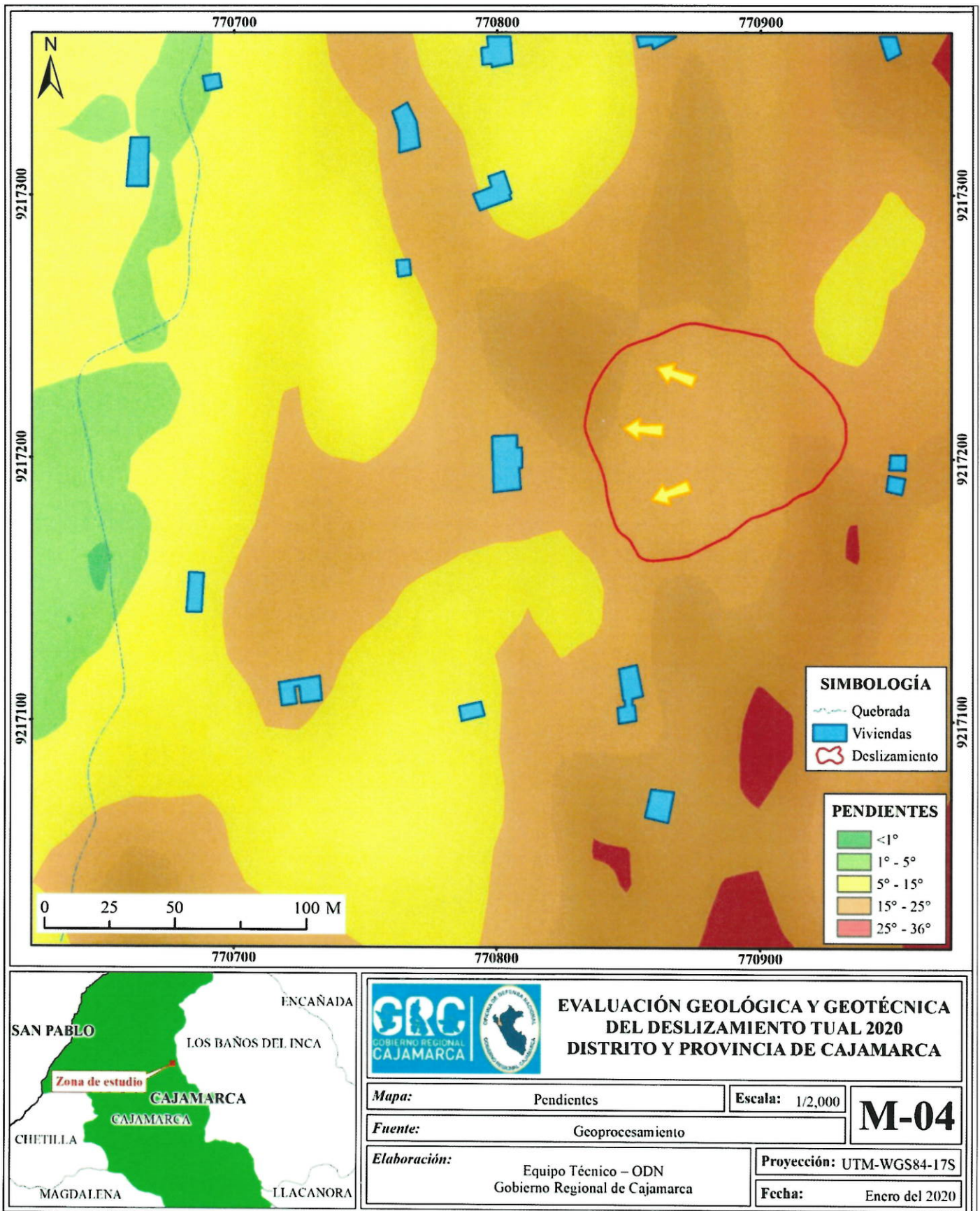
Mapa 3. Topografía y altitudes de la zona del deslizamiento.



		EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO TUAL 2020 DISTRITO Y PROVINCIA DE CAJAMARCA	
Mapa: Topografía y altitudes	Escala: 1/2,000	M-03	
Fuente: Geoprocesamiento			
Elaboración: Equipo Técnico – ODN Gobierno Regional de Cajamarca	Proyección: UTM-WGS84-17S	Fecha: Enero del 2020	

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

Mapa 4. Pendientes de la zona del deslizamiento.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC, ArcGIS.

6. ASPECTOS GEOLÓGICOS

6.1. GEOMORFOLOGÍA

La zona presenta una geoforma de montaña fluvio-erosional en rocas volcánicas, dicha geoforma es característica de estos terrenos conformados por toba de edad del Mioceno superior, presentándose mucha vegetación natural y para pastos durante todo el año, debido a la alta permeabilidad de los macizos rocosos, que funcionan como buenos acuíferos.

Fotografía 2. Vista del relieve de la zona del deslizamiento.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC..

6.2. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente, la zona se encuentra conformada por formaciones volcánicas del Neógeno, las mismas que cubren a las unidades sedimentarias del cretácico, que afloran en la zona sur-oeste. La zona no muestra la presencia de grandes fallas o pliegues tectónicos, que si se presentan las rocas cretácicas de otras partes del valle de Cajamarca.

6.3. GEOLOGÍA LOCAL

Anteriormente, todas las rocas de la zona estaban descritas como pertenecientes al grupo Calipuy-Volcánico San Pablo², pero en la versión de cartografiado al 1:50,000 del INGEMMET³, se describen 2 secuencias, aunque similares, de distinto centro volcánico y distintas edades

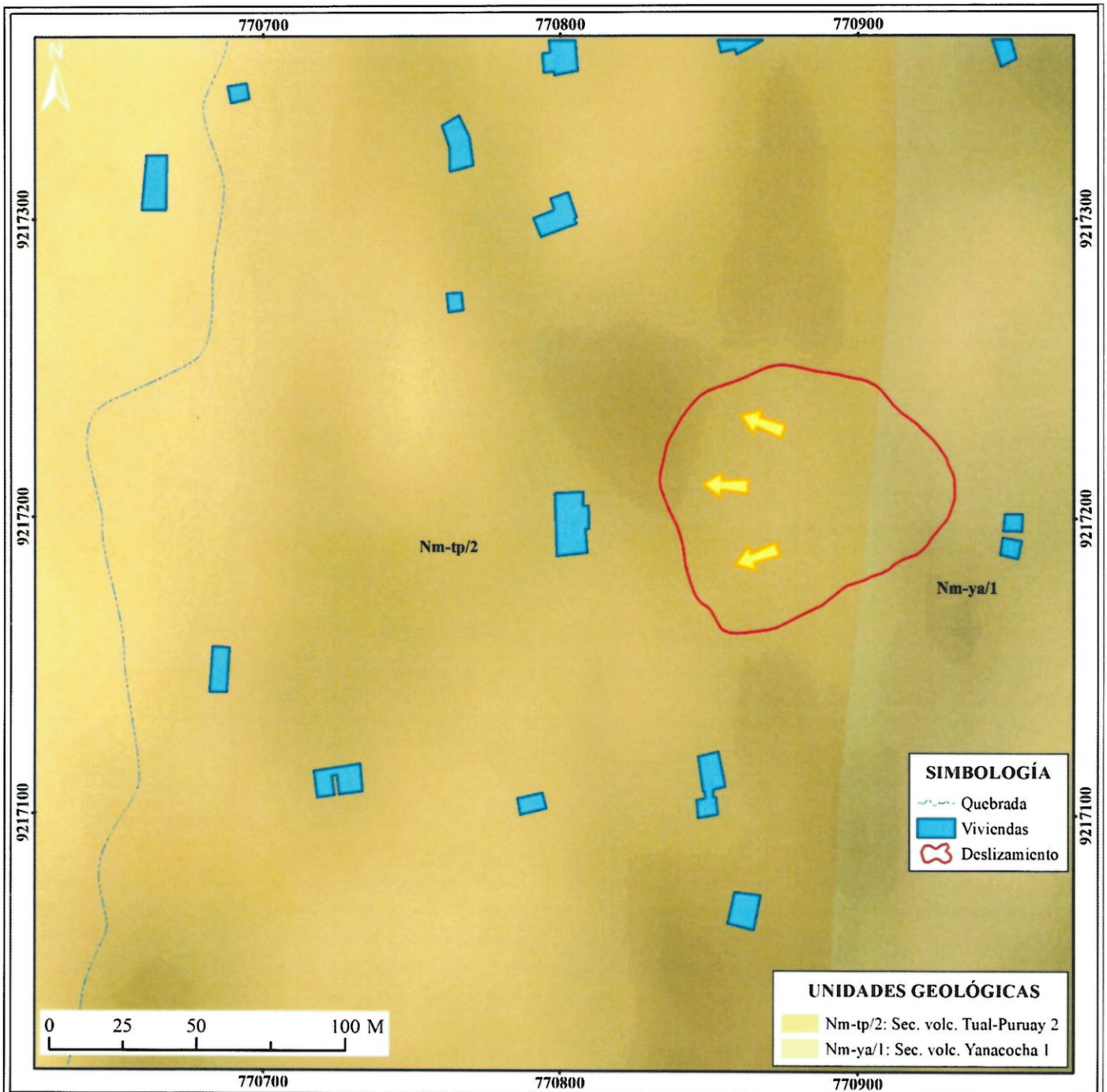
6.3.1. Secuencia volcánica Tual-Puruay 2

Se encuentra en la parte baja de la zona, y está conformado por depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecinas a rosáceas, ricos en cristales, de composición riolítica; que se intercalan con flujos de bloques y cenizas gris verdosos, con fragmentos líticos andesíticos. Su espesor en la zona promedio es de 250m, y su edad estimada es de $19.5. \pm 0.13 \text{ Ma}^3$.

6.3.2. Secuencia volcánica Yanacocha 1

Se encuentra en la parte alta de la zona, y lo conforman gruesas capas de lavas andesíticas gris verdosas porfíricas, que se plantea surgieron de la parte oeste del complejo volcánico de Yanacocha³.

Mapa 5. Geología de la zona del deslizamiento.



**EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA
DEL DESLIZAMIENTO TUAL 2020
DISTRITO Y PROVINCIA DE CAJAMARCA**

Mapa:	Unidades Geológicas	Escala:	1/2,000	M-05
Fuente:	INGEMMET			
Elaboración:	Equipo Técnico – ODN Gobierno Regional de Cajamarca		Proyección:	UTM-WGS84-17S
			Fecha:	Encro del 2020

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC, INGEMMET.

En la Fotografía 3 se muestra el perfil superficial del terreno, en la zona del escarpe principal del deslizamiento, donde se muestra una capa de suelos orgánicos superficiales arcillosos, que cubren a las rocas volcánicas, dichas rocas son fácilmente meteorizadas por contener minerales muy susceptibles a alteración, como son las plagioclasas.

Fotografía 3. Perfil superficial del terreno.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

Adicionalmente, también se encuentran grandes bloques de rocas andesíticas en toda la zona del deslizamiento (Fotografía 4), las mismas que son acumuladas constantemente por los pobladores como linderos de sus terrenos.

Fotografía 4. Bloques de rocas andesíticas en la zona del deslizamiento.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

6.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según los planos 1:100,000² y 1:50,000³ del INGEMMET, no se ha identificado la presencia de grandes pliegues o fallas tectónicas en los alrededores de la zona, esto se debe a la reciente formación de estas unidades, que se produjo luego de los eventos tectónicos más importantes del norte peruano.

6.5. HIDROGEOLOGÍA

Las unidades geológicas identificadas muestran ser grandes acuíferos porosos (permeabilidad primaria), y que son considerados como colchones de agua que abastecen a los ríos en las épocas de estiaje. En la Fotografía 5, se muestra un agrietamiento por el que surge agua subterránea, a modo de manantial, lo que indica la fuerte presencia de agua dentro de los macizos de la zona.

Fotografía 5. Agrietamiento por el que surge agua en forma de manantial.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

7. ASPECTOS DE GEODINÁMICA INTERNA

7.1. SISMICIDAD

El Perú, al encontrarse en el famoso “cinturón de fuego del Pacífico”, es un país sísmicamente activo, esto queda evidenciado en el registro de sismos desde 1960 hasta 2016 (Figura 2) por parte del IGN⁴; donde se puede apreciar la gran densidad de sismos superficiales en las cercanías de la costa peruana (círculos rojos), sismos intermedios en las zonas de la selva (círculos verdes) e incluso sismos profundos (círculos azules) en las partes más alejadas del territorio. Además, el terremoto de Loreto de mayo del 2019⁵, refleja la gran actividad sísmica del territorio peruano, cuyos efectos puede causar movimientos en masa incluso a kilómetros de su origen^{6,7}.

Figura 2. Mapa sísmico del Perú IGP-2017⁴.

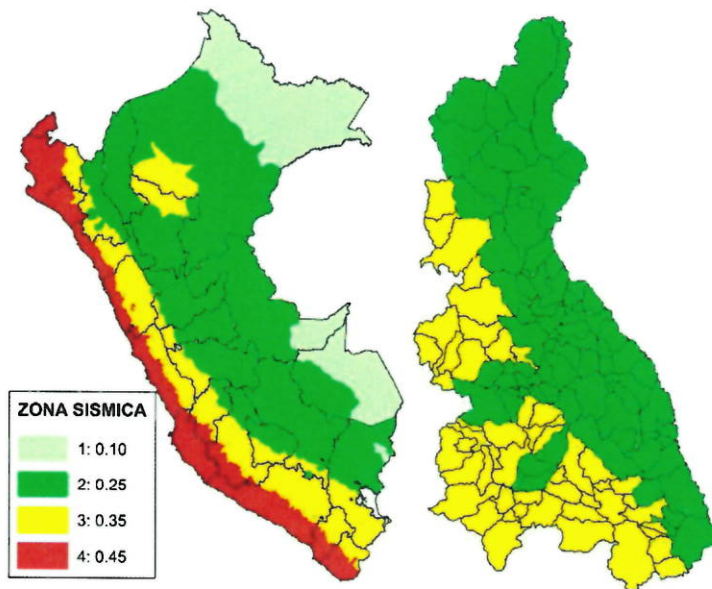


Fuente: IGP.

7.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA ZONA

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la zona se ubica en una zona sísmica de clasificación 3 (Figura 3), lo que indica que puede ser afectada en gran medida si ocurriese un terremoto de alta magnitud en la costa peruana.

Figura 3. Zonas sísmicas del Perú y Cajamarca.⁸

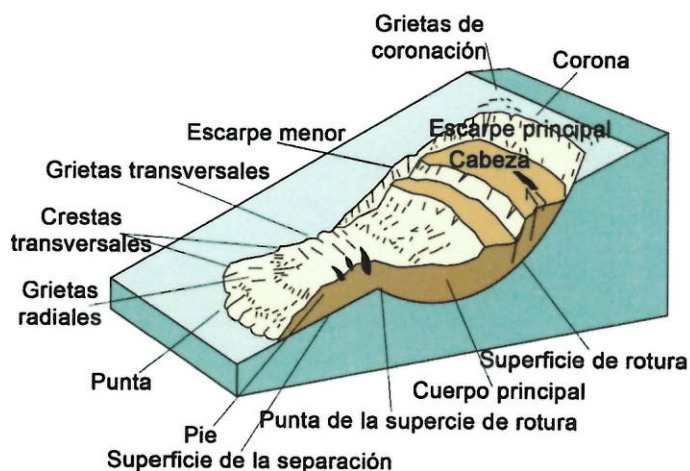


Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, según Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda⁸.

8. ASPECTOS DE GEODINÁMICA EXTERNA

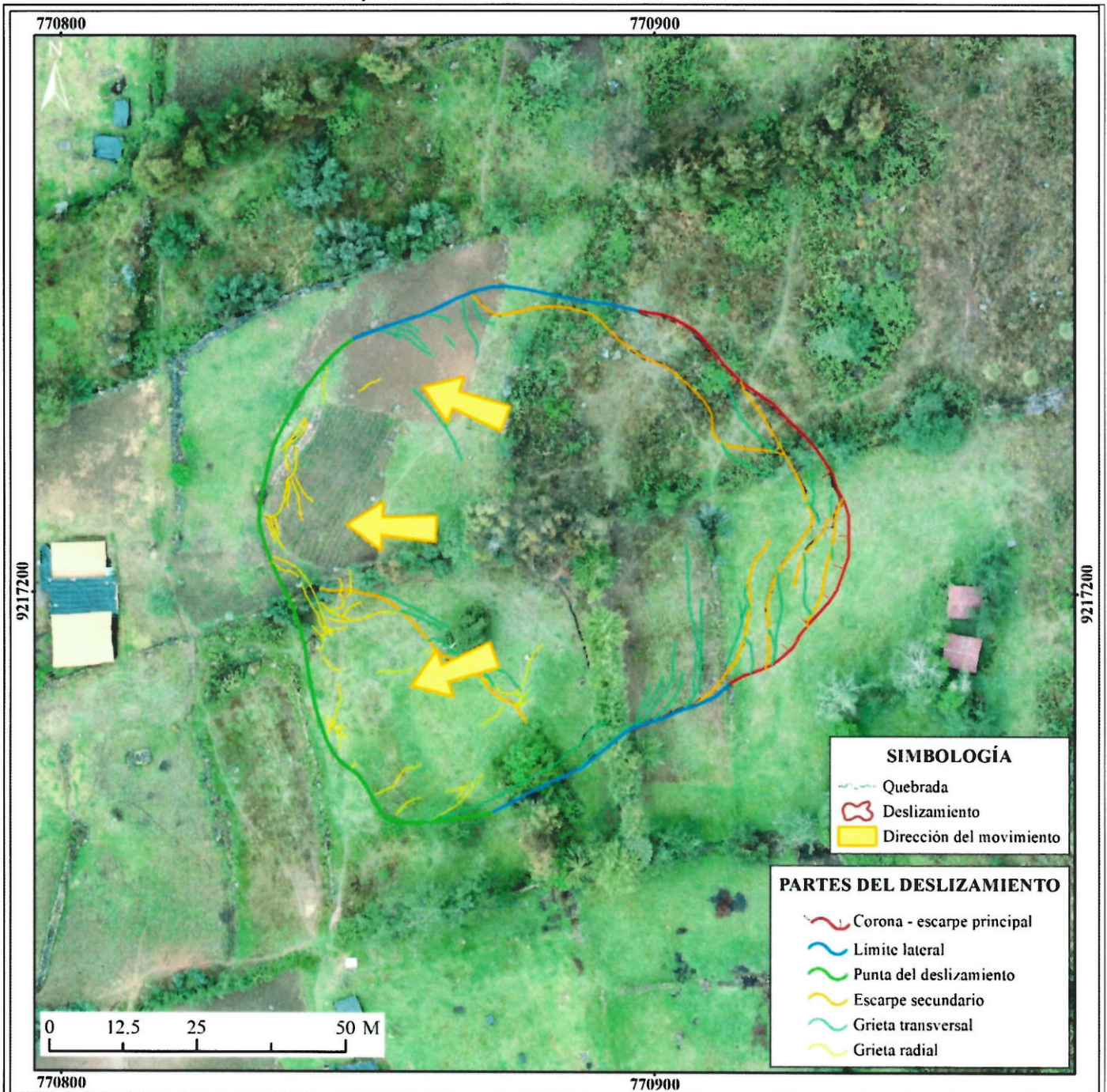
Se han registrado varios deslizamientos de similares características al de Tual, en los alrededores de la zona; como el ocurrido el 2016 en Llushcapampa y el deslizamiento del 2018 en Puruay. El deslizamiento de Tual (Mapa 6), desencadenado el 31 de diciembre del 2019, es un típico deslizamiento rotacional (Figura 4) de dimensiones menores (menos de 1 hectárea de afectación).

Figura 4. Modelo de bloque ideal de un deslizamiento rotacional⁹.



Fuente: USGS 2004.

Mapa 6. Geodinámica externa de la zona deslizamiento.



		EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO TUAL 2020 DISTRITO Y PROVINCIA DE CAJAMARCA	
Mapa: Geodinámico	Escala: 1/1,000	<h1>M-06</h1>	
Fuente: Cartografiado en campo, geoprocésamiento			
Elaboración: Equipo Técnico – ODN Gobierno Regional de Cajamarca		Proyección: UTM-WGS84-17S	Fecha: Enero del 2020

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

Presenta claramente las partes de un deslizamiento rotacional (Figura 4):

A. Parte alta: zona de hundimiento, donde se puede apreciar el escarpe principal, escarpes secundarios, y grietas transversales.

Fotografía 6. Parte alta del deslizamiento. Escarpe principal (línea roja), escarpes secundarios (líneas anaranjadas), grietas transversales (líneas celestes), dirección del movimiento (líneas amarillas).

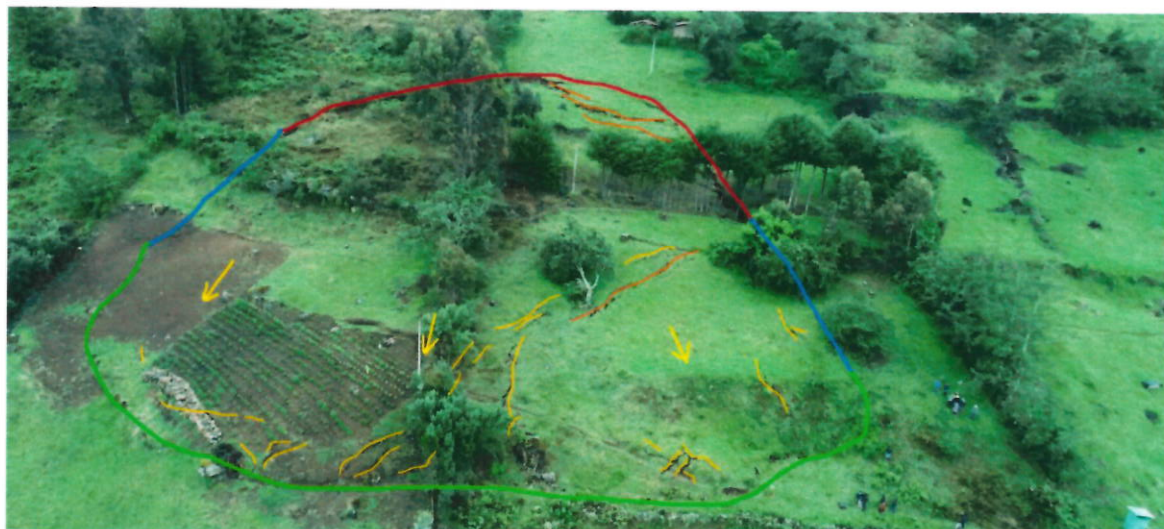


Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

B. Parte central: zona de desplazamiento horizontal, donde predomina un movimiento cizallante en los límites laterales en la Fotografía 7 esta zona esta delimitada por las líneas azules

C. Parte baja: zona de acumulación, donde el material se va llegando constantemente, provocando alzamientos y agrietamientos radiales y transversales del terreno acá se encuentra la parte final o punta del deslizamiento.

Fotografía 7. Parte baja del deslizamiento. Límite lateral (línea azul), escarpes menores (líneas anaranjadas), punta (línea verde), grietas radiales (líneas anaranjadas claras), dirección del movimiento (flechas amarillas).



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

8.1.1. Propiedades Generales

- ✓ Actividad
 - Estado: Activo
 - Estilo: Único
 - Distribución: Avanzando
- ✓ Clasificación del Movimiento
 - Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional
 - Composición principal: Suelos de alta plasticidad y macizos sedimentarios clásticos.
 - Humedad: Mojado
 - Plasticidad: Alta
 - Velocidad: Lento
 - Nombre: Deslizamiento rotacional
- ✓ Deformación del terreno:
 - Modo: Escalonamiento
 - Severidad: Media
- ✓ Causas del movimiento
 - Condicionantes: Suelos arcillosos, y macizos de baja resistencia.
 - Desencadenantes: Sobresaturación.

8.1.2. Morfometría del deslizamiento

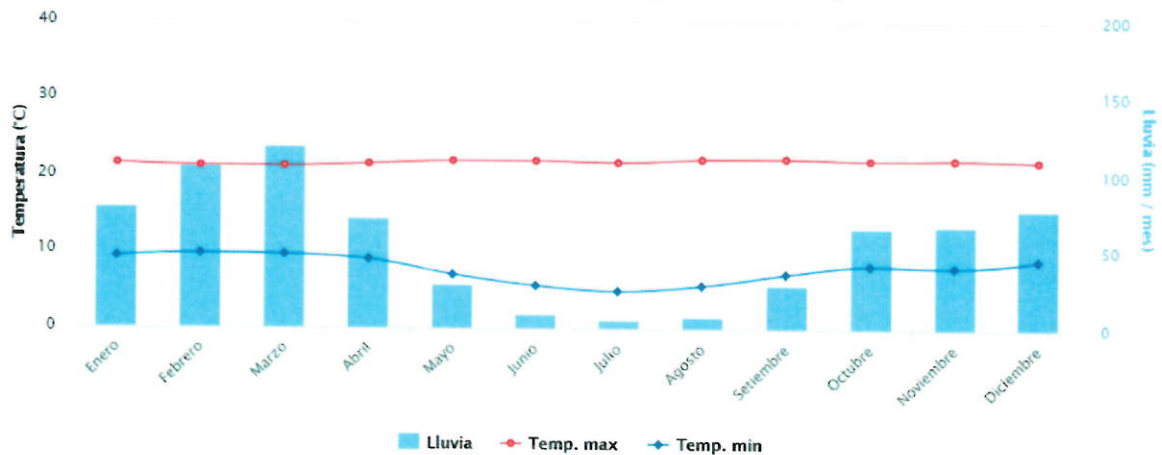
- ✓ Diferencia de alturas corona a punta (m): 98
- ✓ Longitud horizontal corona a punta (m): 26
- ✓ Ángulo de corona a punta (°): 15
- ✓ Dirección del movimiento (Azimut): 272
- ✓ Área afectada (m²): 6310.67
- ✓ Volumen estimado de la masa desplazada (m³): 25,242.68

9. ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS

9.1. CLIMA DE LA ZONA

La región de Cajamarca presenta 2 estaciones bien marcadas: lluvias de setiembre a mayo (SENAMHI), y estiaje de mayo a agosto (Gráfico 3); aunque dichos periodos han sido anómalos en los últimos años, presentándose grandes sequías hasta noviembre (2015) o periodos de pequeñas garúas hasta julio (2019)

Gráfico 3. Información climática del departamento de Cajamarca.



Fuente: SENAMHI.

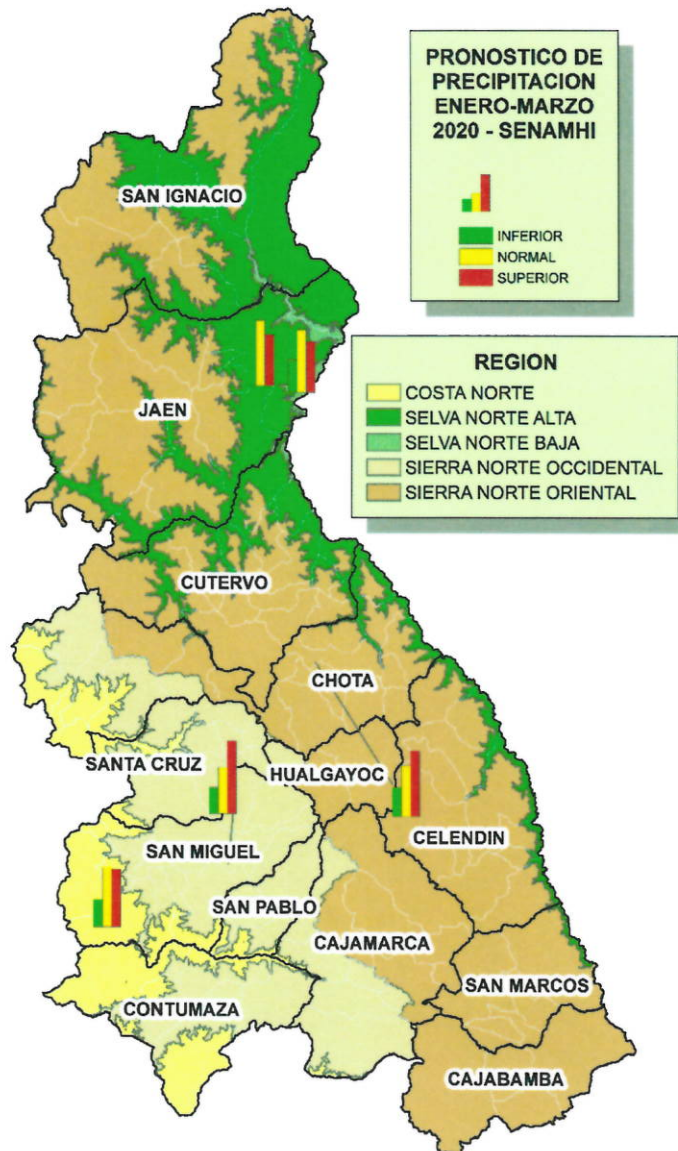
Al formar parte de los andes del norte peruano, puede presentar periodos de intensas extremadamente intensas (Fenómeno El Niño) como de 1997-1998; o lluvias muy intensas, pero más a la costa (Fenómeno El Niño costero 2016-2017).

En general, el mes con temperatura más alta es setiembre (22.2°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (4.9°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de marzo (118.78 mm/mes) (SENAMHI).

9.2. ESCENARIO DE LLUVIAS PARA EL PERIODO DE LLUVIAS ENERO-MARZO 2020

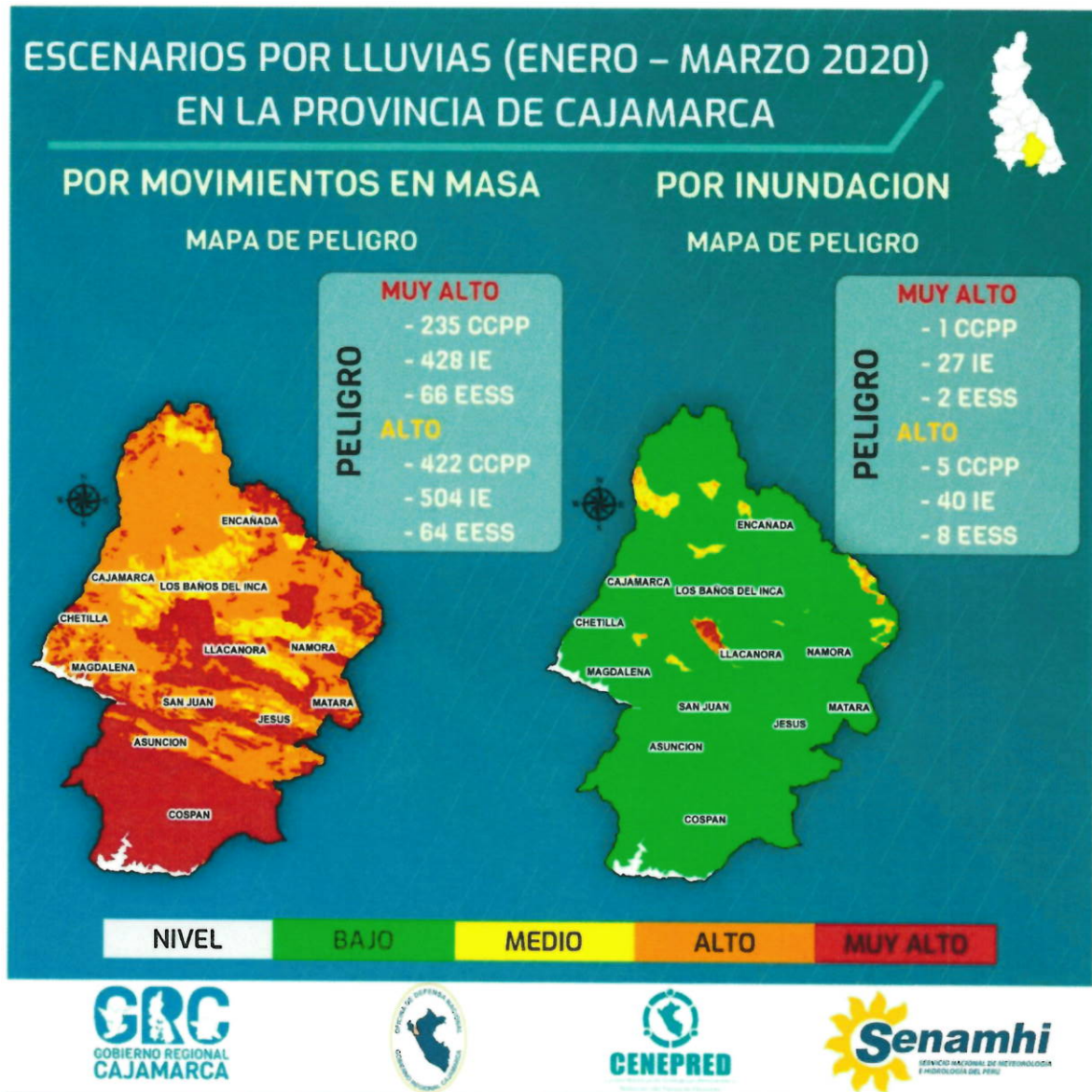
Se prevé que en el periodo enero-marzo del año 2020, las lluvias en la región sierra norte oriental (zona de estudio) presentará precipitaciones superiores a lo normal¹⁰, información a tener en cuenta ya que se podría agravar el desplazamiento colina abajo del deslizamiento debido a este escenario. Adicionalmente, el CENEPRED¹¹ prevé un riesgo alto por movimientos en masa en la zona, en base al escenario previsto para este periodo.

Figura 5. Pronóstico de precipitación enero-marzo del año 2020 para el departamento de Cajamarca.



Fuente: SENAMHI.

Figura 6. Escenarios por movimientos en masa en la provincia de Cajamarca.



Fuente: SENAMHI¹⁰, CENEPRED¹¹, GRC-ODN¹².

10. MEDIDAS DE MITIGACIÓN PLANTEADAS

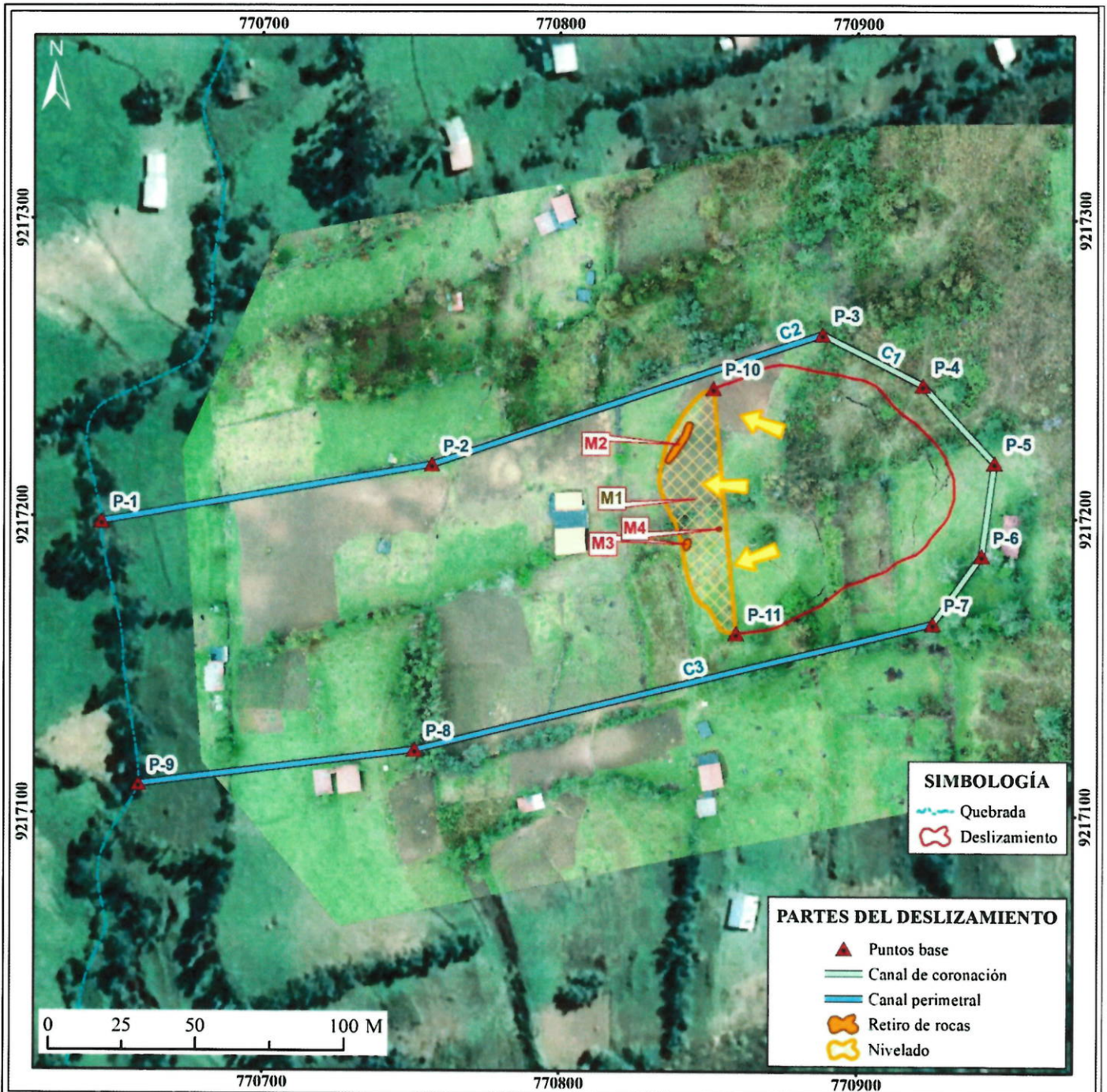
El presente informe muestra que el deslizamiento está activo, y podría verse agravado en el escenario de lluvias enero-marzo 2020, por lo que se plantea la implementación de medidas de mitigación a corto y mediano plazo.

10.1. A CORTO PLAZO

A corto plazo se propone el retiro inmediato de las rocas expuestas dentro del cuerpo del deslizamiento, ya que están muy propensas a rodar cuesta abajo debido al movimiento continuo del deslizamiento, poniendo en peligro a la población y sus medios de vida.

Además, se necesita realizar la implementación de canales de coronación y perimetrales de redirijan las escorrentías superficiales fuera del cuerpo del deslizamiento.

Mapa 7. Medidas de mitigación propuestas en la zona del deslizamiento.



		EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DEL DESLIZAMIENTO TUAL 2020 DISTRITO Y PROVINCIA DE CAJAMARCA	
Mapa: Medidas de mitigación propuestas	Escala: 1/2,000	<h1>M-07</h1>	
Fuente: Cartografiado en campo, geoprocesamiento			
Elaboración: Equipo Técnico – ODN Gobierno Regional de Cajamarca	Proyección: UTM-WGS84-17S	Fecha: Enero del 2020	

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
OFICINA DE SEGURIDAD Y DEFENSA NACIONAL
Ing. Elvis Rubén Alcántara Quispe
INGENIERO GEOLOGO
CIP. 208827

Fotografía 8. Grupo de rocas acumuladas dentro del cuerpo del deslizamiento, que necesitan ser removidas.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

10.2. A MEDIANO PLAZO

A mediano plazo, se requerirá realizar movimientos de tierra de la maza acumulada en la parte baja del deslizamiento, para evitar que continúe su movimiento ladero abajo, en dirección a viviendas vulnerables.

Fotografía 9. Zona inferior del deslizamiento, donde se está acumulando material y necesita ser removida.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

En la Tabla 3 se muestran las propiedades de los canales de drenaje que se proponen realizar, los puntos base para la implementación de estos canales se describe en la Tabla 4 y se muestran en el Mapa 7; estos canales tienen que ser recubiertos por geomembranas, concreto, o por arcillas para evitar que el agua que los discorra infiltre en el terreno.

Tabla 3. Propiedades de los canales propuestos

Canal	Tipo	Longitud (m)	Del punto	Al punto
C1	Canal de coronación	132.82	P-3	P-7
C2	Canal perimetral	251.64	P-1	P-3
C3	Canal perimetral	273.24	P-7	P-9

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

Tabla 4. Coordenadas UTM-WGS84-17S de los puntos base para las medidas de mitigación propuestas.

Punto base	Este	Norte
P-1	770645.34	9217198.37
P-2	770756.47	9217217.63
P-3	770888.15	9217261.68
P-4	770921.81	9217244.56
P-5	770945.96	9217218.74
P-6	770941.80	9217187.52
P-7	770925.20	9217164.71
P-8	770750.75	9217121.91
P-9	770657.89	9217110.00
P-10	770851.59	9217243.52
P-11	770859.36	9217161.32

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

En la Tabla 5 se presentan las características de los movimientos de tierras y rocas que se proponen realizar, los retiros de rocas son medidas inmediatas para evitar que rueden por el movimiento, mientras que el nivelado podría realizarse a corto plazo con maquinaria especializada; siempre y cuando los representantes y autoridades locales gestionen los accesos pertinentes.

Tabla 5. Características de los movimientos de tierras y rocas planteadas, además de sus coordenadas UTM-WGS84-17S centrales.

Movimiento	Tipo	Este central	Norte central	Área (m ²)	Volumen (m ³)
M1	Nivelado	770847.28	9217203.62	1187.34	2968.35
M2	Retiro de rocas	770840.28	9217225.05	36.01	43.21
M3	Retiro de rocas	770842.74	9217191.10	7.08	8.49
M4	Retiro de rocas	770853.52	9217196.31	1.43	1.71

Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

10.3. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Adicionalmente, se necesitará capacitar a la población vulnerable en temas de Gestión del Riesgo de Desastres, para que estén preparados si el deslizamiento aumentara su peligrosidad en la temporada de lluvias o por acción sísmica; en tal escenario la comunicación debería ser directa al Centro de Operaciones de Emergencias Regional, y a las autoridades competentes.

Como medida adicional, se plantea realizar una campaña de inspecciones de los reservorios ubicados en la parte alta del cerro, para descartar posibles fallas en sus estructuras; ya que el deslizamiento de Lushcapampa del 2016 se produjo por la rotura de la base de un reservorio de similares características.

Figura 7. Ubicación de reservorios (enmarcados en color celeste) en la parte alta del cerro que podrían tener infiltraciones.



Fuente: Equipo técnico ODN-GRC.

11. CONCLUSIONES

- ✓ El deslizamiento Tual, se encuentra ubicado en el caserío y centro poblado del mismo nombre, perteneciente al distrito y provincia de Cajamarca; el cual se desencadenó el 31 de diciembre del 2019
- ✓ El factor condicionante del deslizamiento fue la baja resistencia geológica de los suelos y macizos de la zona, y el factor desencadenante la sobresaturación de los materiales debido a las lluvias propias de la estación.
- ✓ Actualmente, el deslizamiento está activo y puede aumentar su peligrosidad ya que el periodo de lluvias continuará hasta el mes de abril; es del tipo deslizamiento rotacional y su área de afectación es de 6310.67m².
- ✓ En el presente informe se plantean una serie de medidas estructurales y no estructurales que se deben implementar para evitar posibles daños a la integridad de los habitantes y de sus medios de vida.

12. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar a corto plazo, la remoción de las rocas ubicadas dentro del cuerpo del deslizamiento, ya que pueden rodar y afectar a los habitantes de la zona; además de realizar un sistema de canales de coronación y perimetrales, para evitar la sobresaturación del material del deslizamiento.
- ✓ A mediano plazo, con ayuda de maquinaria, nivelar la parte baja del deslizamiento, donde se está acumulando el material constantemente, incrementando el nivel de peligro para las infraestructuras ladera abajo.
- ✓ Adicionalmente, capacitar a la población en Gestión del Riesgos de Desastres, para que estén preparados en caso de que el deslizamiento aumentara su peligrosidad en lluvias intensas o eventos sísmicos fuertes.
- ✓ Realizar una inspección a los reservorios ubicados en la parte alta del cerro, para descartar posibles fallas en su infraestructura que podrían ser causas de este deslizamiento y posibles otros deslizamientos.

13. REFERENCIAS

1. AlosPalsar. Modelo Digital de Elevaciones Alos Palsar 26155. 1. <https://search.asf.alaska.edu/>. Published 2011.
2. Reyes L. *Geología de Los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba*. 1st ed. Lima, Perú: INGEMMET; 1980.
3. Navarro P. *Mapa Geológico Del Cuadrángulo de Cajamarca, Escala 1:50 000 Hoja 15f Cuadrante-I*. Lima, Perú; 2007.
4. IGP. Mapa Sísmico del Perú. Sismología - Mapa sísmico. <https://scts.igp.gob.pe/unidad-sismologia/mapa-sismico>. Published 2017.
5. IGP. IGP reportó sismo de M 8.0 en Loreto. <https://portal.igp.gob.pe/igp-reposito-sismo-m-80-loreto>. Published 2019. Accessed September 10, 2019.
6. León L. *Deslizamiento En Los Caseríos de Higosbamba, Hichabamba, Huayllabamba y Churucana - Primer Reporte INGEMMET*. Lima, Perú; 2019.
7. RPP. Así quedó la carretera Cajamarca-Cajabamba tras terremoto en la selva [FOTOS]. <https://rpp.pe/peru/actualidad/asi-queda-la-carretera-cajamarca-cajabamba-tras-terremoto-en-la-selva-fotos-noticia-1199192>. Published 2019. Accessed September 10, 2019.
8. Ministerio de Vivienda C y S. DECRETO SUPREMO N° 003-2016-VIVIENDA. *El Peruano*-576293. January 24, 2016:32.
9. Highland L, Jhonson M. *Landslide Types and Processes*.; 2004.
10. SENAMHI. *Perspectivas Para El Periodo Enero-Marzo 2020*. Lima, Perú; 2019. doi:IT N°19-2019/SENAMHI-DMA-SPC
11. CENEPRED. *Escenarios de Riesgos Por Lluvias Para El Verano 2020 (Enero - Marzo 2020)*. Lima, Perú; 2019.
12. GRC-ODN. *Escenario de Riesgos Por Movimientos En Masa e Inundaciones En El Periodo de Lluvias Enero-Marzo 2020 En El Departamento de Cajamarca*. Cajamarca, Perú; 2020. doi:IT N°01-2020/GRC-ODN-GRD