Informe Técnico Nº A6809

Evaluación Geológica - Geodinámica al Deslizamiento de Campanayocpata

(Informe final)

Región Cusco
Provincia Chumbivilcas
Distrito Llusco
Centro Poblado Lutto



Briant García Fernández Baca
Rigoberto Aguilar Contreras
Joseph Huanca Cárdenas
Luis Albinez Baca

Marzo
2018

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

INDICE

Pg.

1. INTRODUCCIÓN **2**
2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS **3**
3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD **3**
4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS **4**
5. PELIGROS GEOLÓGICOS **8**
6. ANÁLISIS DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA DE LUTTO Y ALREDEDORES **14**
7. ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD **18**
8. CONCLUSIONES **19**
9. RECOMENDACIONES **24**
10. ANEXOS **26**

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica al gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con las entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de los peligros geológicos en sus territorios, con la finalidad de proporcionar una opinión técnica sobre la problemática, además de proponer medidas a implementar en post de la prevención y mitigación ante la ocurrencia de desastres naturales.

La municipalidad distrital de Llusco en la provincia Chumbivilcas, solicitó a nuestra institución mediante Oficios N°0011-2017-FFC/GM/MDLL y N° 249-2017-A-MDLL/CH, la participación del Ingemmet en la evaluación técnica en el deslizamiento de Lutto, el cual tuvo una importante reactivación el último 23 de febrero. Asimismo, una inspección técnica-geológica de los alrededores del movimiento en masa (deslizamiento) para una futura reubicación de los pobladores afectados.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico - DGAR, comisionó a los profesionales Briant García Fernández Baca y Rigoberto Aguilar Contreras, especialistas en gestión de riesgos geológicos, para realizar las evaluaciones ingeniero - geológicas en los sectores previamente mencionados, la cuales se realizaron del 03 al 07 de marzo del presente año, previa coordinación con personal del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y autoridades locales.

Las tareas desarrolladas en dicha comisión consistieron en:

- Visita de campo en la comunidad campesina de Lutto, del distrito Llusco, provincia Chumbivilcas, geomorfológicamente ubicado en la margen derecha del río Santo Tomás;

- Inspección en la corona del deslizamiento en la zona Campanayoc;

- Inspección técnica geológica en el cerro Corpuna, y la inspección técnica a las zonas probables de reubicación de los pobladores afectados debido a la reactivación del deslizamiento de Lutto.

- Reuniones sostenidas con especialistas del INDECI, IMA y autoridades de Chumbivilcas y Llusco, así como personal técnico del Gobierno Regional de Cusco, quienes nos presentaron la problemática de la zona y algunos planes de reubicación.

- Como parte de los trabajos especializados, además, se colocaron puntos anclados a suelo y rocas del deslizamiento y alrededores para monitorear el movimiento del deslizamiento y zonas aledañas, con la finalidad de alertar a la población futuros colapsos.

- Sobrevuelo en drone para realizar cartografía o DEM de alta resolución, perfiles, etc.

- Por último, se tomaron algunos datos de campo (geometría y medidas de grietas y/o fracturas) y registro fotográfico.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

En la zona del deslizamiento de Campanayocpata, no se tiene registro de otros importantes movimientos en masa en los últimos años, sin embargo, podemos mencionar como antecedentes y trabajos anteriores:

- El mapa de susceptibilidad de movimientos en masa generado por el Ingemmet (http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/), demuestra que existe un peligro alto a lo largo de toda la quebrada España.

- La solicitud hecha el 07 de noviembre de 2017, por la Municipalidad Distrital de Llusco a la oficina de Gestión de Riesgos y Desastres del Gobierno Regional del Cusco, sobre una estimación de riesgos de la comunidad de Lluto. En respuesta a esta solicitud el 29 de diciembre de 2017 se emite el informe de Evaluación del Riesgo Sector Campanayoc Pata – Lutto Kututo, Distrito de Llusco, Provincia de Chumbivilcas realizado por el Ingeniero Raúl Quispe Escalante RJ. N° 199-2010-INDECI.

  En dicho informe se concluye que "… ***la zona evaluada estaba afectada por un deslizamiento activo, el cual representaba un peligro latente para los pobladores, declarando a la zona en alto riesgo y recomendando el reasentamiento de la población"***.

- El 02 de marzo de 2018 se emitió el reporte complementario N° 186 - 02/03/2018 / COEN – INDECI: Desplazamiento de Masa (reptación) en el distrito de Llusco – Cusco. En dicho reporte se presenta una evaluación preliminar de daños y se describe las acciones que se vienen realizando por parte de la Municipalidad Distrital de Llusco, del Gobierno Regional del Cusco, el INDECI y el COEN.

3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La zona evaluada está ubicada, en el sector Campanayocpata, centro poblado Lutto, distrito Llusco, provincia Chumbivilcas, región Cusco (Fig. 1). Las coordenadas geográficas son: 14° 23' 27" Sur, 72° 06' 34" Oeste, y una cota de 3520 msnm.

La accesibilidad a la zona afectada se realiza a través de Cusco o Arequipa. Para acceder a la zona afectada se realizó desde Arequipa: Carretera Interoceánica Sur hasta el desvío a Condoroma – Mina Tintaya, continua a través de una carretera asfaltada hasta Espinar, siguiendo luego por una carretera afirmada hacia el distrito de Velille (Chumbivilcas), luego una vía asfaltada hasta Santo Tomás y finalmente a través de una trocha carrozable en dirección al distrito de Llusco hasta llegar a la comunidad de Lutto.

El tiempo de viaje aproximado es de 9 horas desde Arequipa.



Fig. 1. Ubicación de la zona de estudio.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

De acuerdo a versiones de los pobladores locales, los agrietamientos en el sector de se vienen presentando desde el año 1998, aumentando de forma progresiva en longitud, los años 2004, 2012 y 2015. El agrietamiento más reciente se presentó entre agosto y diciembre del 2017, siendo en este último mes cuando se empezó a observar mayor desplazamiento vertical. Los pobladores refieren que el 16 de diciembre la grieta tuvo un desplazamiento vertical de 1 m; pasado un mes, entre el 10 y 15 de enero, la grieta presentaba un desplazamiento vertical de aproximadamente 2 metros. Finalmente, el evento principal se dio el 23 de marzo del 2018 a las 3 a.m., habiéndose formado un escarpe principal de aproximadamente 30 m de altura. Cabe señalar que la zona afectada fue previamente evacuada, gracias a la coordinación de las autoridades locales, el INDECI y pobladores locales, evitando así, pérdidas humanas.

Lutto se encuentra asentado sobre la ladera norte del cerro Corpuna y en la margen derecha de la quebrada España, a una altitud de 3560 m.s.n.m y es disectada por otra pequeña quebrada.

Litológicamente la ladera norte presenta afloramientos rocosos de materiales volcánicos y sedimentarios, así como depósitos cuaternarios (fluvial, aluvial y coluvial) tal como se encuentra descrito en el mapa geológico de INGEMMET Pecho (1981).

En cuanto a la litología expuesta en el deslizamiento y alrededores, esta se trata de cuarcitas y areniscas calcáreas fracturadas y muy alteradas. Estos materiales fracturados y alterados, debido a la saturación del terreno por las precipitaciones intensas de estos meses, son muy susceptibles a generar movimientos en masa.

4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO

Tomando como referencia el estudio de Pecho (1981), en el área se encuentran afloramientos calizas gris oscuras, calizas micríticas y pequeñas secuencias de areniscas calcáreas, atribuidas a la Formación Arcurquina (Fm. Ferrobamba) (Fig. 2) En la zona visitada se observan estratos masivos muy compactos, en capas de 0.3 a 20 m de espesor, que se encuentran plegadas con un azimut general N 175° y un buzamiento de 50° E. Los afloramientos de estas calizas se restringen en la quebrada España (al norte del poblado de Lutto), donde se encuentran cubiertas por material detrítico coluvial (Fig. 3).

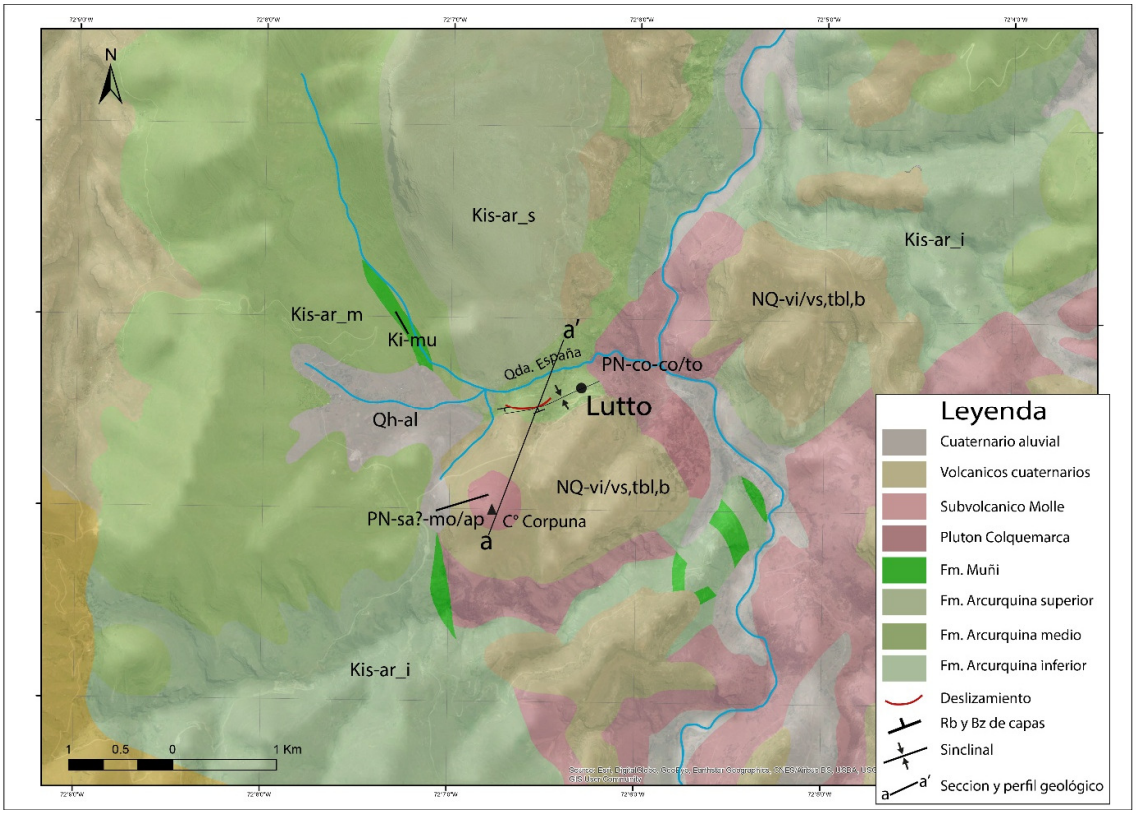


Figura 2. Mapa geológico de la localidad de Lutto y alrededores, donde se puede observar que el deslizamiento de Lutto está restringido por un sinclinal en la Formación Arcurquina medio.

También se observan afloramientos de rocas intrusivas de composición tonalítica en la parte baja de los centros poblados de Lutto y Huayunca, donde se encuentran cubiertos por material detrítico rojizo muy suelto y con matriz arcillosa.



Figura 3. Secuencia estratigráfica local que muestra una intercalación de capas subhorizontales compuestos material detrítico rojizo de matriz arcillosa con capas de calizas amarillentas, en parte alta del centro poblado de Lutto.

Las unidades geológicas (litológicas) comprometidas en el deslizamiento están relacionadas a las secuencias sedimentarias del miembro medio de la Formación Arcurquina, estos depósitos detríticos se muestran muy alterados y fracturados, además de ser rocas capaces de acumular agua subterránea y/o superficial (figuras 4 y 11). También existen niveles con una coloración rojiza de granulometría variada con una matriz arcillosa, presenta una estratificación irregular. La parte superior de esta unidad presenta una coloración gris oscura que probablemente sea un paleosuelo (figura 3).

Sobre esta unidad, se observa un banco de material volcánico, constituido de cenizas blanquecinas poco consolidadas, con un techo que presenta una superficie de erosión, sobre la cual se encuentra una capa semi-consolidada de conglomerados de ~3 m de espesor y material detrítico fino de ~0.5 m de espesor (Fig. 5).

En la sección geológica (aa') (figura 4), así como en el mapa geológico (figura 2), se observa la presencia de un sinclinal a escasos metros de la corona del deslizamiento, lo cual podría interpretarse como la zona de acumulación de agua, siendo el eje del sinclinal una especie de depósito, que, interactuando con la alteración y alto fracturamiento en las rocas calcáreas generó el colapso de material formando el deslizamiento de Campanayocpata.

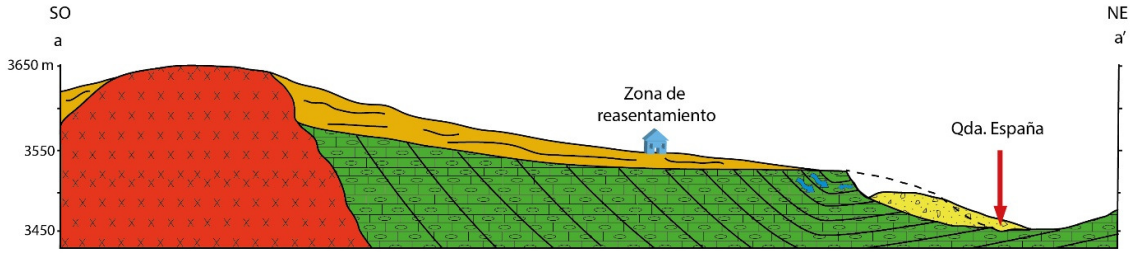
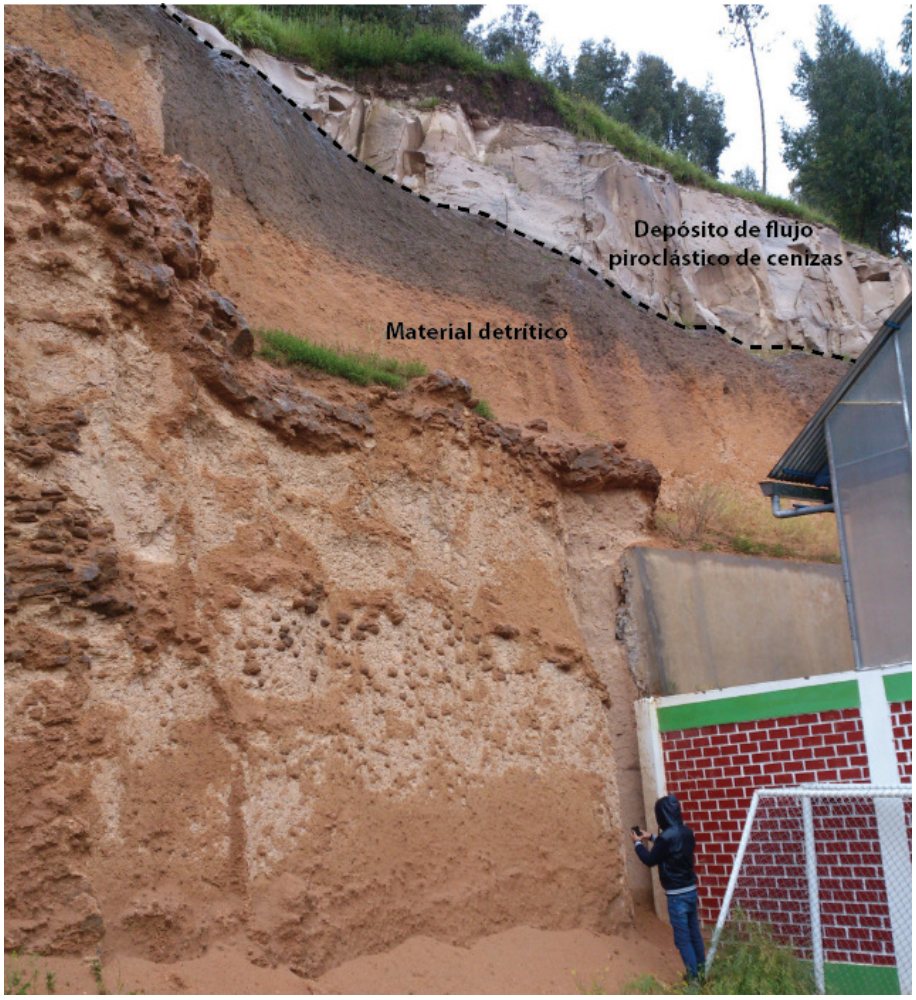
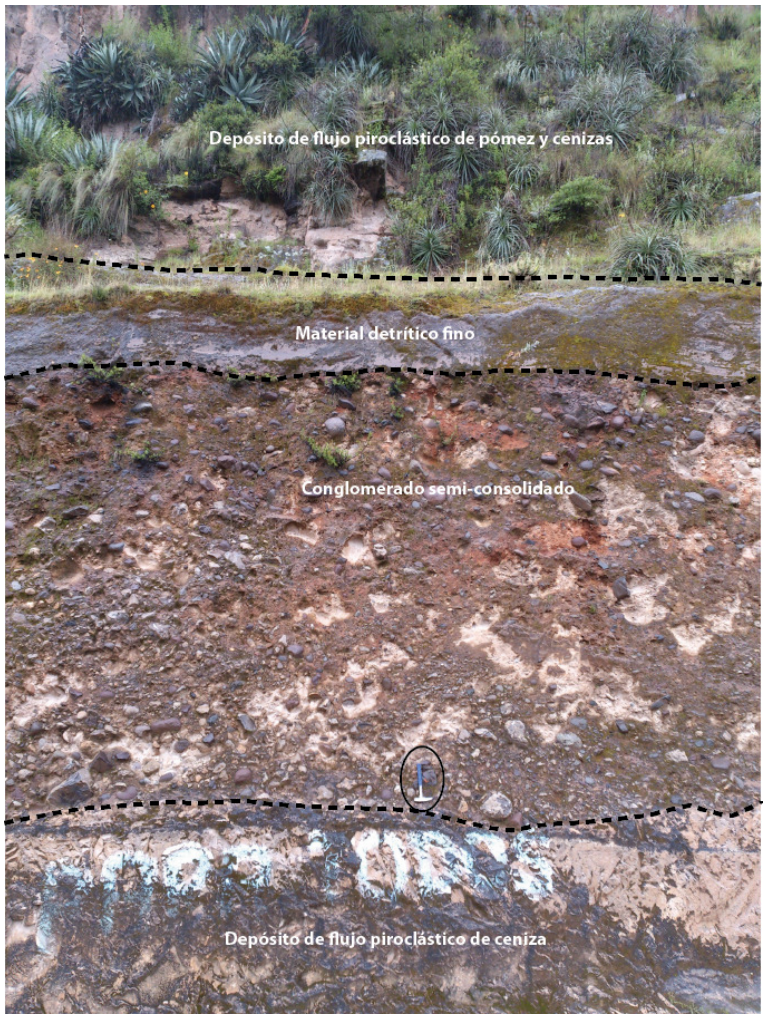


Figura 4. Sección geológica aa', mostrando las rocas calcáreas de la Formación Arcurquina (verde), el Plutón cenozoico (rojo), los depósitos volcánicos (naranja) y el material deslizado (amarillo). Además, se puede observar la quebrada España, represada por el deslizamiento y la zona de reasentamiento actual.





Figuras 5 y 6. (Izq.) Afloramiento de material detrítico sobre el cual se encuentra asentado el centro poblado de Lutto. (Der.) Secuencia estratigráfica en la parte alta del centro poblado de Lutto.

4.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

En el contexto general, morfológicamente la zona se encuentra formada por una cadena de montañas en rocas sedimentarias plegadas, disectadas por procesos de erosiones de ladera; en las localidades de Lutto, Cututo y Huayunca la topografía es relativamente empinada con superficies suaves debido a la litología y el material coluvial producto de la erosión en las laderas.

Localmente, en la parte alta (sector Campanayocpata) la topografía es relativamente plana y está relacionada directamente, a la configuración o disposición de capas horizontales a sub-horizontales de calizas amarillentas, cubiertas por depósitos volcánicos relacionados a corrientes piroclásticas de densidad (flujos piroclásticos).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

5.1 DESLIZAMIENTO DE CAMPANAYOCPATA

El deslizamiento de Campanayocpata (figura 7) es un movimiento en masa prácticamente nuevo, este no muestra evidencias de otros movimientos en masa de importancia en los últimos años, esto se evidencia en las imágenes multitemporales de Google Earth.

Este deslizamiento rotacional presenta un escarpe de forma semicircular, corona de 290 m y distancia desde la corona al pie de deslizamiento de 280 m (figuras 7, 8 y 9). El escarpe principal tiene entre 2 y 38 m de altura (figura 9) y el cuerpo del deslizamiento muestra una cantidad importante de grietas y bloques basculados de suelo rotados. No se han observado grietas tensionales en la parte superior del deslizamiento, pero si en ambos lados. Las grietas presentan aberturas que van desde algunos centímetros hasta 2 m, siguiendo la misma dirección del escarpe principal, lo que las hace de gran importancia para estudio de vulnerabilidad de las zonas aún estables.

El deslizamiento afectó de manera total a 47 viviendas, según el último reporte del COEN. El deslizamiento también destruyo la posta medica del lugar, así como también la vía de acceso aledaña Cusco - Santo Tomas.

Las causas principales para la ocurrencia de este movimiento en masa, son las intensas precipitaciones pluviales de la temporada, la litología fracturada y alterada (figura 11), la pendiente (moderada), el socavamiento del pie del deslizamiento por parte de las aguas de la quebrada España, la inestabilidad del talud de carretera que existía en ese lugar, la filtración de aguas superficiales, la instalación de baños sin sistema de desagüe, elaboración de zanjas de escorrentía sin tratamiento de impermeabilización, canales de riego en mal estado de conservación y algunos otros sistemas de alcantarillado obstruidos y de poca capacidad.

5.2 ESTADO ACTUAL DEL DESLIZAMIENTO DE CAMPANAYOCPATA

Actualmente el deslizamiento se encuentra activo, ensanchando y presentando agrietamientos, principalmente a ambos lados de la corona (figura 11). El deslizamiento tiene un área de 240 000 m2 y un volumen aproximado de 1 220 000 m3 de masa colapsada.

De igual manera el deslizamiento se encuentra represando la quebrada España, generando una acumulación de agua en un área de 1400 m², la cual irá en aumento los próximos días si no se hace algunas obras de desembalse (figuras 9 y 10).

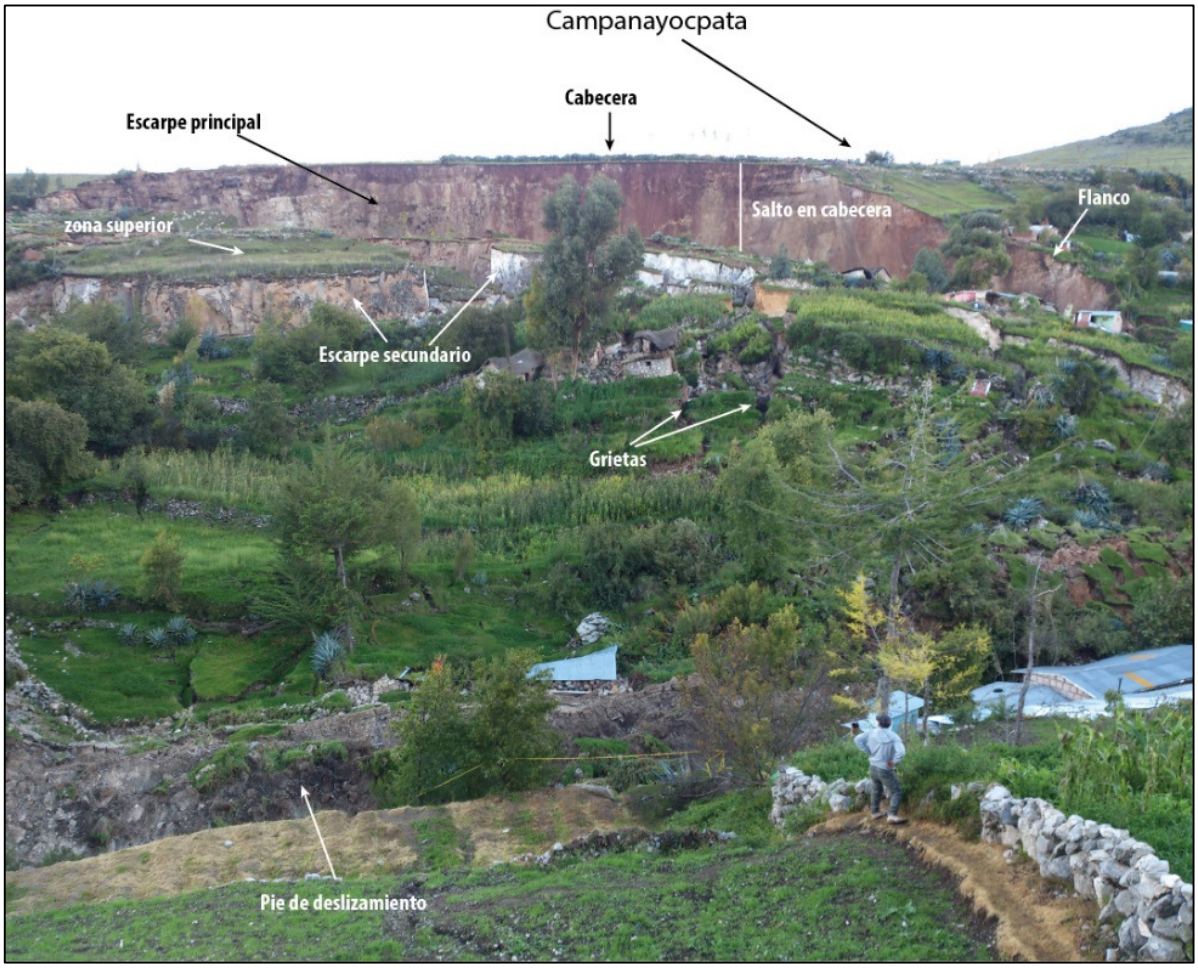


Figura 7. Vista frontal del deslizamiento de Lutto, donde se distingue la escarpa principal y el pie de deslizamiento. Escarpes secundarios; deformaciones en el bloque deslizado y basculado, agrietamientos y sus efectos en viviendas y áreas de cultivo.

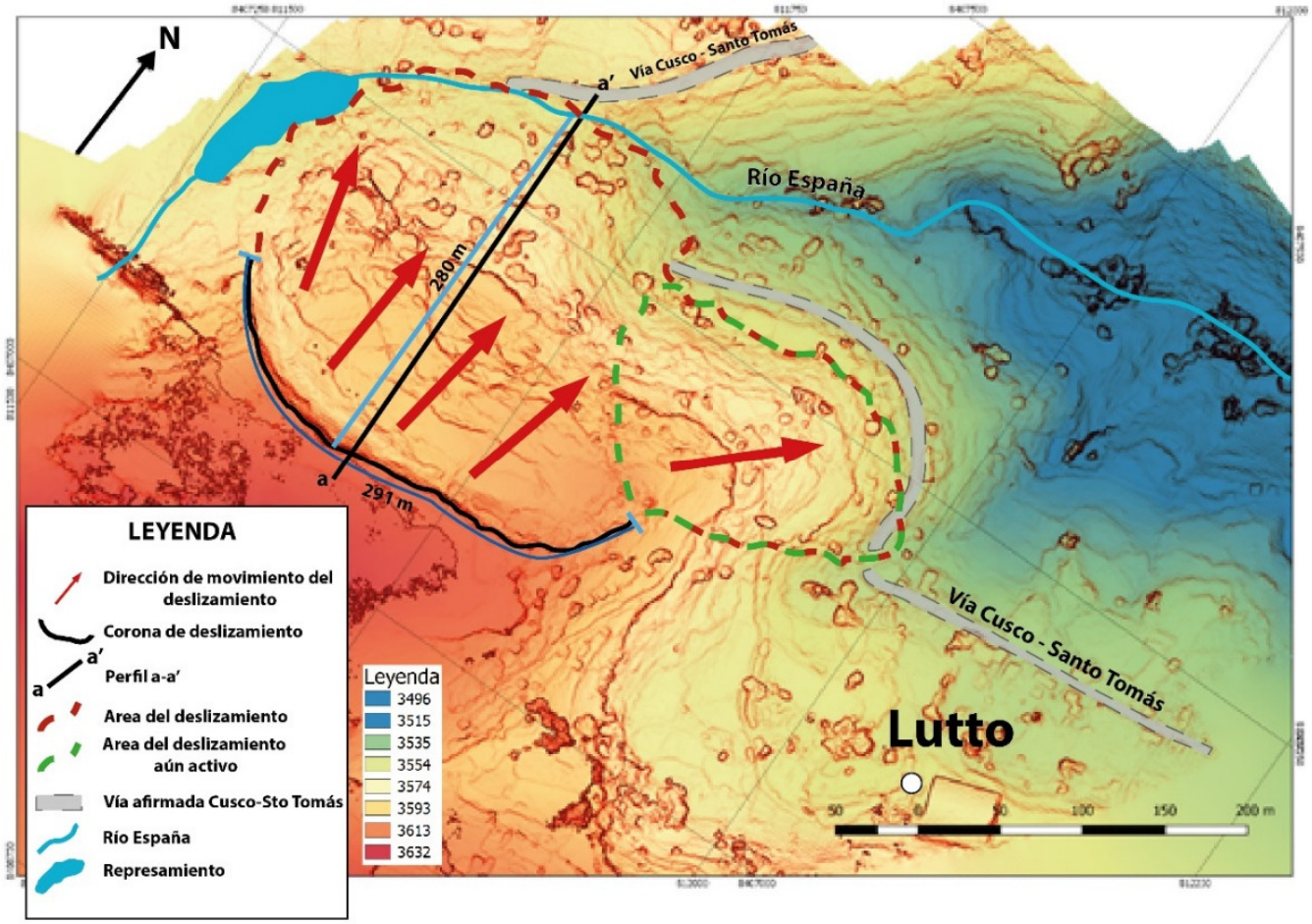


Fig. 8. Mapa de pendientes y alturas en la comunidad de Lutto, generado a partir de imágenes de drone. Se puede apreciar el escarpe principal del deslizamiento (línea negra continua), el área total del cuerpo deslizado (línea negra discontinua) y la dirección de movimiento (flechas rojas), así como la longitud de la corona (291 m), la distancia de la corona al pie del deslizamiento (280 m), la vía de comunicación Cusco-Sto. Tomás afectada y el represamiento en la esquina superior izquierda.

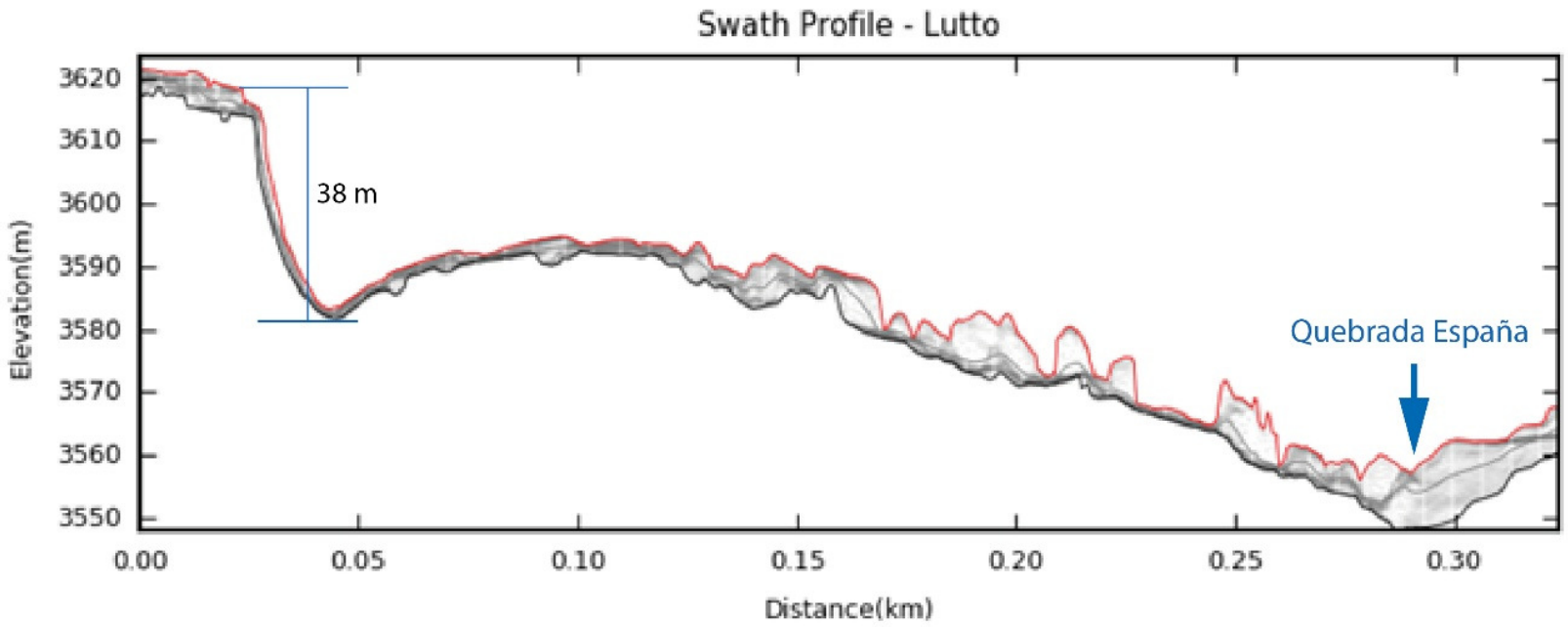


Fig. 9. Swath profile aa´ (perfil aa' en fig. 2.) generado a partir del DEM de precisión realizado por el drone, donde se observa el desplazamiento vertical del deslizamiento (38 m).



Fig. 10. Imagen de drone panorámica con vista al este, con las componentes del deslizamiento y la zona de represamiento en la localidad de Campanayoc.

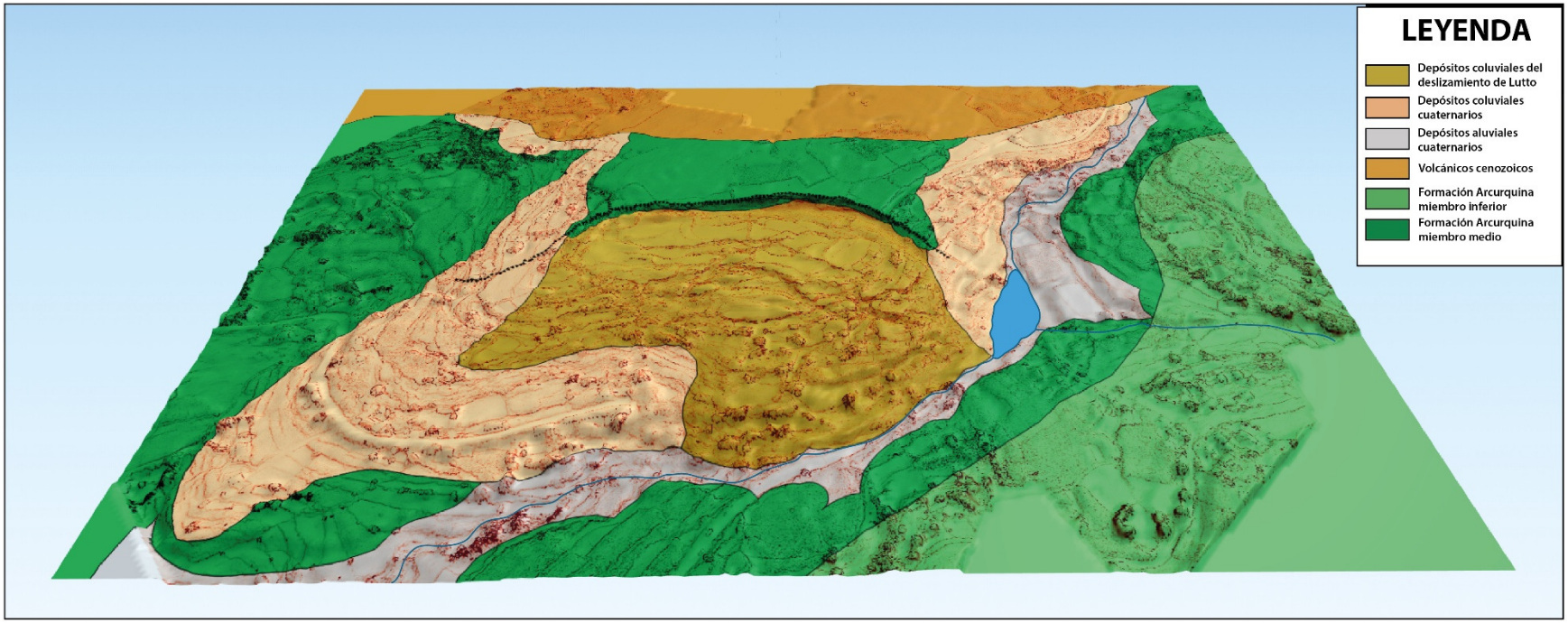


Fig. 11. Geología del deslizamiento de Campanayocpata y alrededores.

6. ANÁLISIS DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA DE LUTTO Y ALREDEDORES

6.1 Zonas con peligro por acumulación de aguas

Como se conoce, Lutto se encuentra en una zona geográfica con una importante cantidad de precipitaciones pluviales anuales, especialmente en época de lluvias (noviembre a marzo), estas aguas superficiales al no ser debidamente canalizadas en suelos permeables y con basamentos rocosos altamente fracturados y alterados como en Lutto, desencadenan la ocurrencia de movimientos en masa que ponen en peligro a los pobladores locales.

El agua es el factor más importante en el análisis de susceptibilidad por movimientos en masa y otros peligros asociados, es por este motivo que se debe analizar las zonas de acumulación de aguas para realizar obras de prevención, principalmente la realización de sistemas de drenajes que eviten la filtración de agua en zonas vulnerables a caída o colapso.

A continuación (figura 12), se detallan las principales zonas propensas a acumular de aguas superficiales:

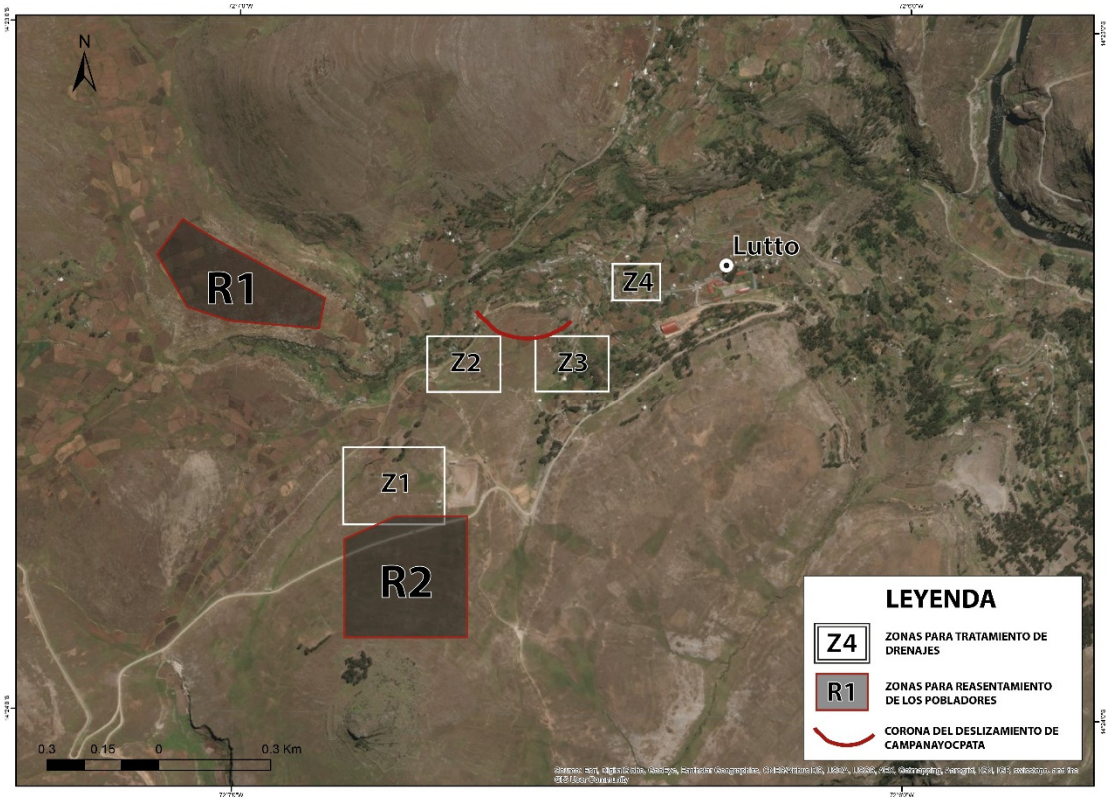


Figura 12. Imagen satelital de Lutto, indicando las zonas propuestas para reasentamiento de la población, así como las zonas (z1, z2, z3, z4) para realizar obras de drenaje.

6.2 METODOLOGÍA

Para el análisis de acumulación de agua se utilizó la herramienta “Catchment área (Flow tracing)” de QGis, el cual utiliza un DEM de alta resolución y precisión. Para ello se utilizó el DEM generado a partir del proceso fotogramétrico aéreo de drone, el cual nos generó un DEM de 4 cm/px y 2cm de precisión.

El proceso en QGis simula una acumulación de agua utilizando las coordenadas en el eje z de los pixeles o celdas del DEM, generando un mapa con los drenajes naturales y antrópicos del terreno.

En la zona del deslizamiento, por ejemplo (figura 13,), se observan algunos lugares de acumulación de agua, principalmente cerca de la corona y alrededores, lo que sugiere que, en incremento de precipitaciones pluviales, estas zonas son muy vulnerables a colapsar.

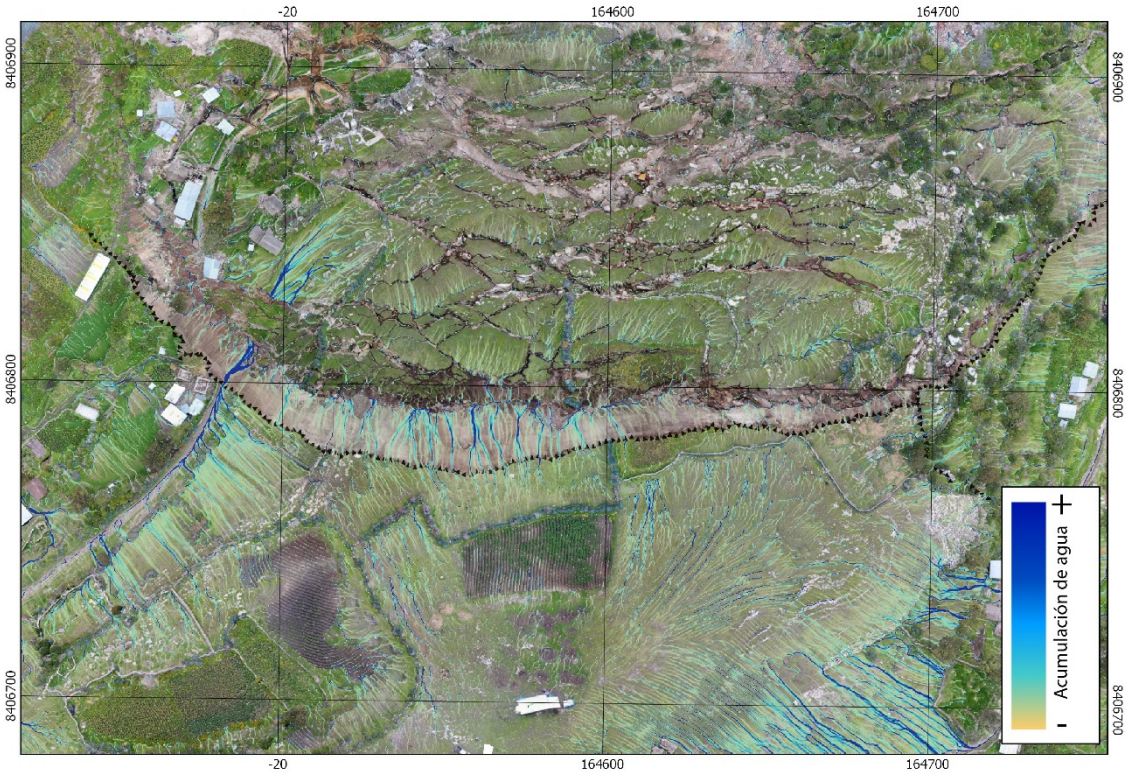


Figura 13. Mapa de acumulaciones de agua en los alrededores del deslizamiento de Campanayocpata.

Así como en el deslizamiento y alrededores se reconocieron zonas de acumulación de agua, se utilizó la misma metodología para otras zonas donde, por distintos motivos se debe tener en cuenta para futuro.

Zona 1 (Z1)

La zona 1, ubicada al suroeste de Lutto y al norte de la zona de reubicación (R2), es una zona que muestra una importante cantidad de drenajes (figura 14), los cuales en estaciones con intensas precipitaciones son muy activos. Esta zona es importante, ya

que a escasos metros se encuentran asentados temporalmente los pobladores afectados de Campanayocpata. En caso las autoridades y pobladores tomen como opción de reubicación la zona R2 se debe realizar previamente obras de drenajes.

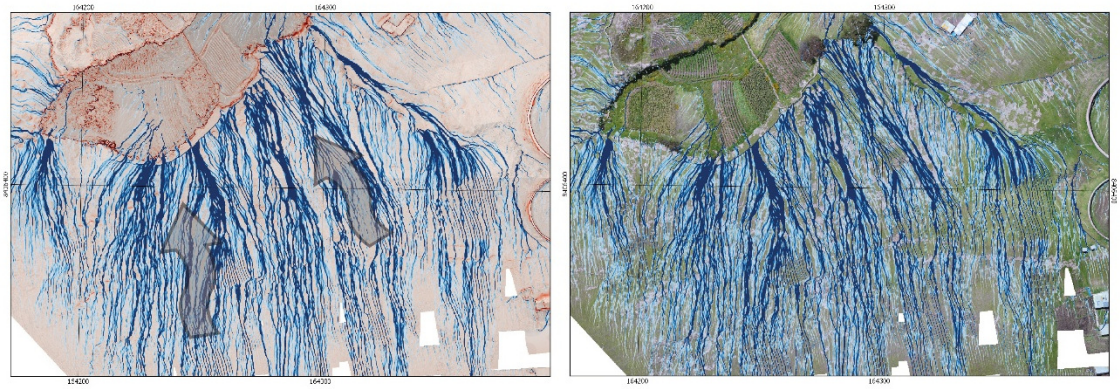


Figura 14. Mapa RRIM de la zona 1, con la ubicación de los drenajes naturales y su dirección preferente al norte (izquierda). Ortomosaico de drone en la zona 1 con los drenajes y flujos posibles en temporadas de intensas precipitaciones (derecha).

Zona 2 (Z2)

La zona 2, ubicada al oeste de Lutto y norte de la zona de reubicación (R2), es una zona que muestra una importante cantidad de drenajes (figura 15), los cuales en estaciones con intensas precipitaciones son muy activos. Esta zona es importante, ya que en la zona ya existen algunas viviendas, que se encuentran también muy cerca de la corona del deslizamiento. En esta zona las autoridades deben prohibir el emplazamiento de más construcciones y realizar obras de drenajes para evitar que la infiltración de agua genere nuevos movimientos en masa.

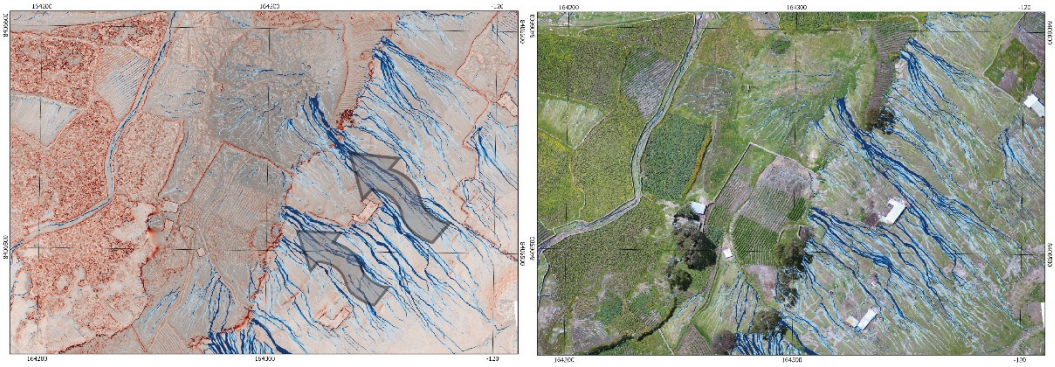


Figura 15. Mapa RRIM de la zona 2, con la ubicación de los drenajes naturales y su dirección preferente al noroeste (izquierda). Ortomosaico de drone de la zona 2 con los drenajes y flujos posibles en temporadas de intensas precipitaciones (derecha).

Zona 3 (Z3)

La zona 3, ubicada al oeste de Lutto y este del deslizamiento, es una zona que muestra una importante cantidad de drenajes (figura 16), los cuales en estaciones con intensas precipitaciones son muy activos. Esta zona es importante, ya que esta zona presenta grietas tensionales que se generaron a partir del colapso del deslizamiento de Campanayocpata, además de encontrarse encima de algunas viviendas que, aunque ya fueron deshabitadas por peligro inminente, con el pasar del tiempo podrían ser

rehabitadas. En esta zona las autoridades deben prohibir rehabitar dichas viviendas en potencial peligro, además de realizar obras de drenajes para evitar que la infiltración de agua genere la reactivación del deslizamiento en esta zona.

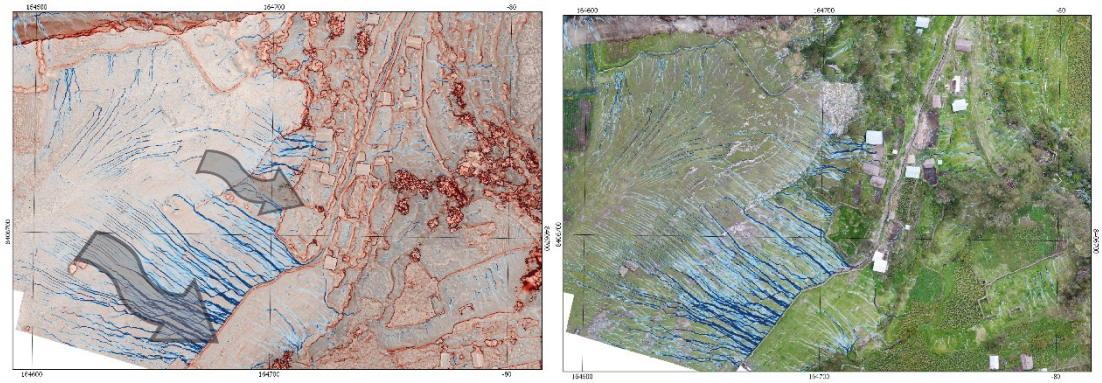


Figura 16. Mapa RRIM de la zona 3, con la ubicación de los drenajes naturales y su dirección preferente al este (izquierda). Ortomosaico de drone de la zona 3 con los drenajes y flujos posibles en temporadas de intensas precipitaciones (derecha).

Zona 4 (Z4)

La zona 4, ubicada al noroeste de Lutto, es una zona que muestra una importante cantidad de drenajes (figura 17), los cuales en estaciones con intensas precipitaciones son muy activos. Esta zona es importante, ya que en la zona ya existen algunas viviendas, que se verían afectadas por la ocurrencia de algún deslizamiento desencadenado por la infiltración de agua en esta zona de mala litología. En esta zona las autoridades deben restringir el emplazamiento de viviendas y realizar obras de drenajes para evitar que la infiltración de agua genere movimientos en masa.

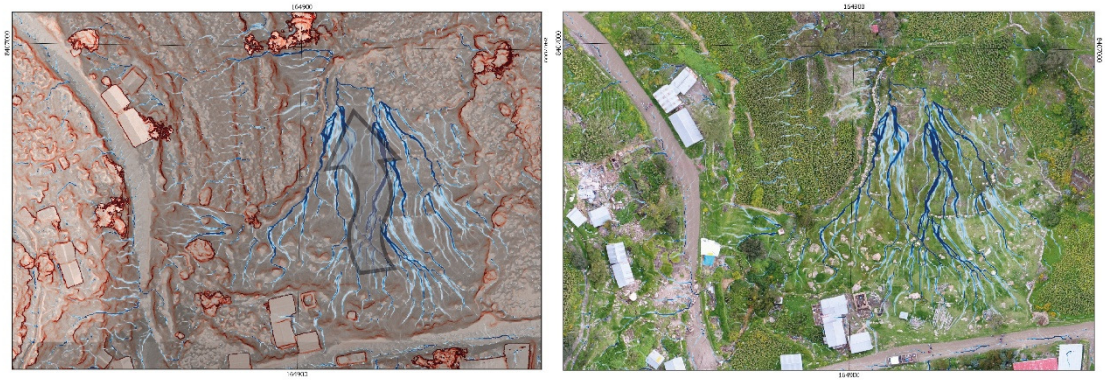


Figura 17. Mapa RRIM de la zona 2, con la ubicación de los drenajes naturales y su dirección preferente al norte (izquierda). Ortomosaico de drone en la zona 2 con los drenajes y flujos posibles en temporadas de intensas precipitaciones (derecha).

7. ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD EN EL DESLIZAMIENTO DE CAMPANAYOCPATA

A partir del análisis geológico, geodinámico e hidrológico, se llega a conocer el peligro muy alto que representa realizar la construcción de viviendas u otras obras civiles en la zona enmarcada en rojo en la figura 18.

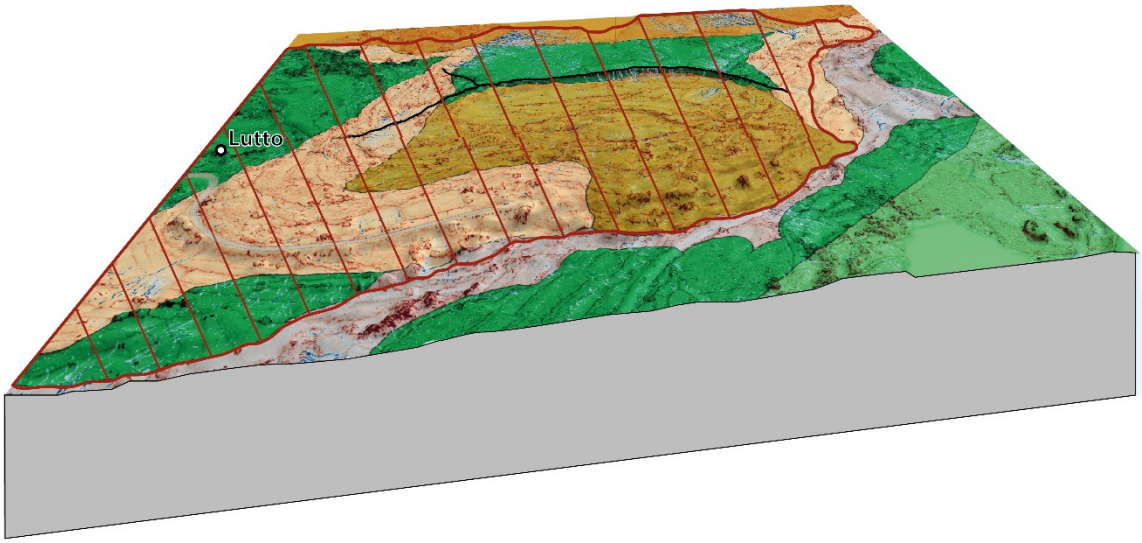


Figura 18. Block diagrama en el área del deslizamiento y alrededores. Por el componente geológico, las zonas de acumulación de agua, la pendiente y la presencia de grietas se delimitó el área en rojo con hatch rojo, siendo un área de peligro muy alto por movimiento en masa.

Para el análisis de la peligrosidad se tomó como criterios:

- La litología: rocas calcáreas muy fracturadas y alteradas, capaces de acumular aguas superficiales y/o subterráneas.
- La pendiente: el área enmarcado (figura 18) presenta pendientes moderadas a altas.
- La acumulación de aguas: se observa la presencia de drenajes naturales y antrópicos, capaces de acumular importantes cantidades de aguas en épocas de intensas precipitaciones pluviales.
- Las grietas: Aunque el cuerpo del deslizamiento presenta grietas por el comportamiento gravitacional del deslizamiento, existen otras grietas ampliándose a los flancos este y oeste del deslizamiento.

Todos estos parámetros mencionados de forma individual o interactuando entre ellos, representan importantes indicios para futuros movimientos en masa, representando además un peligro muy alto para ocurrencia de movimientos en masa.

8. CONCLUSIONES

Por lo observado en campo y lo detallado en los ítems anteriores se puede concluir que:

- A la fecha de la evaluación, el deslizamiento se encuentra activo, principalmente en su flanco este.
- El deslizamiento de Lutto tiene dirección E-O con una longitud de 290 m y una distancia de la corona al pie del deslizamiento de 280 m.
- La altura del escarpe del deslizamiento varía entre 2 y 38 m.
- Las causas principales para la ocurrencia de este movimiento en masa, son las intensas precipitaciones pluviales de la temporada, la litología fracturada y alterada, la pendiente (moderada), el socavamiento del pie del deslizamiento por parte de las aguas de la quebrada España, la inestabilidad del talud de carretera que existía en ese lugar, la filtración de aguas superficiales, la instalación de baños sin sistema de desagüe, elaboración de zanjas de escorrentía sin tratamiento de impermeabilización y algunos otros sistemas de alcantarillado obstruidos y de poca capacidad.
- La presencia de un sinclinal o pliegue geológico ubicado en la corona del deslizamiento, facilitaría la acumulación de agua en esta zona.
- Las grietas en plena formación en ambos lados del deslizamiento contribuirán a nuevas ocurrencias, que afecten a viviendas aún en pie.
- El represamiento de aguas, formado a partir del deslizamiento es un punto importante a tratar en corto plazo.
- Antes de la realización de cualquier tipo de **obras de prevención y mitigación** en la zona se debe considerar realizar el estudio geotécnico y geodinámico del deslizamiento y alrededores.
- El flanco este del deslizamiento se encuentra aún activo, con presencia de grietas y filtración de agua, lo cual es muy probable que colapse en el futuro.
- En la localidad de Lutto y alrededores, se aprecian geoformas de depósitos dejados por algunos deslizamientos antiguos; también se tienen depósitos proluviales dejados por flujos de detritos; terrazas aluviales que pueden ser erosionadas por el río España. Por ello, el Ingemmet presenta como propuesta dos espacios para el reasentamiento de la población damnificada (figura 19), sin embargo, para considerar un lugar de reubicación óptimo para la población, éste debería ser analizado con detalle, y realizando otros estudios complementarios (estudio de suelos y geofísica) con la finalidad de conocer mejor las características geológicas y físicas del terreno.

La opción 1 (figura 20): Se trata de una terraza aluvial antigua, que presenta pendiente baja y afloramientos rocosos, asegurando una ubicación de peligro bajo para movimientos en masa, inundaciones e incluso terremotos.

En cuanto a la opción 2 (Fig. 21), se debe mencionar, que en la actualidad la población afectada se encuentra en este lugar, y desde el punto de vista geológico, presenta buenas condiciones para el asentamiento de las viviendas, sin embargo, existen algunos drenajes naturales que deberían ser tratados previamente para garantizar el bienestar de una futura población (figura 14).

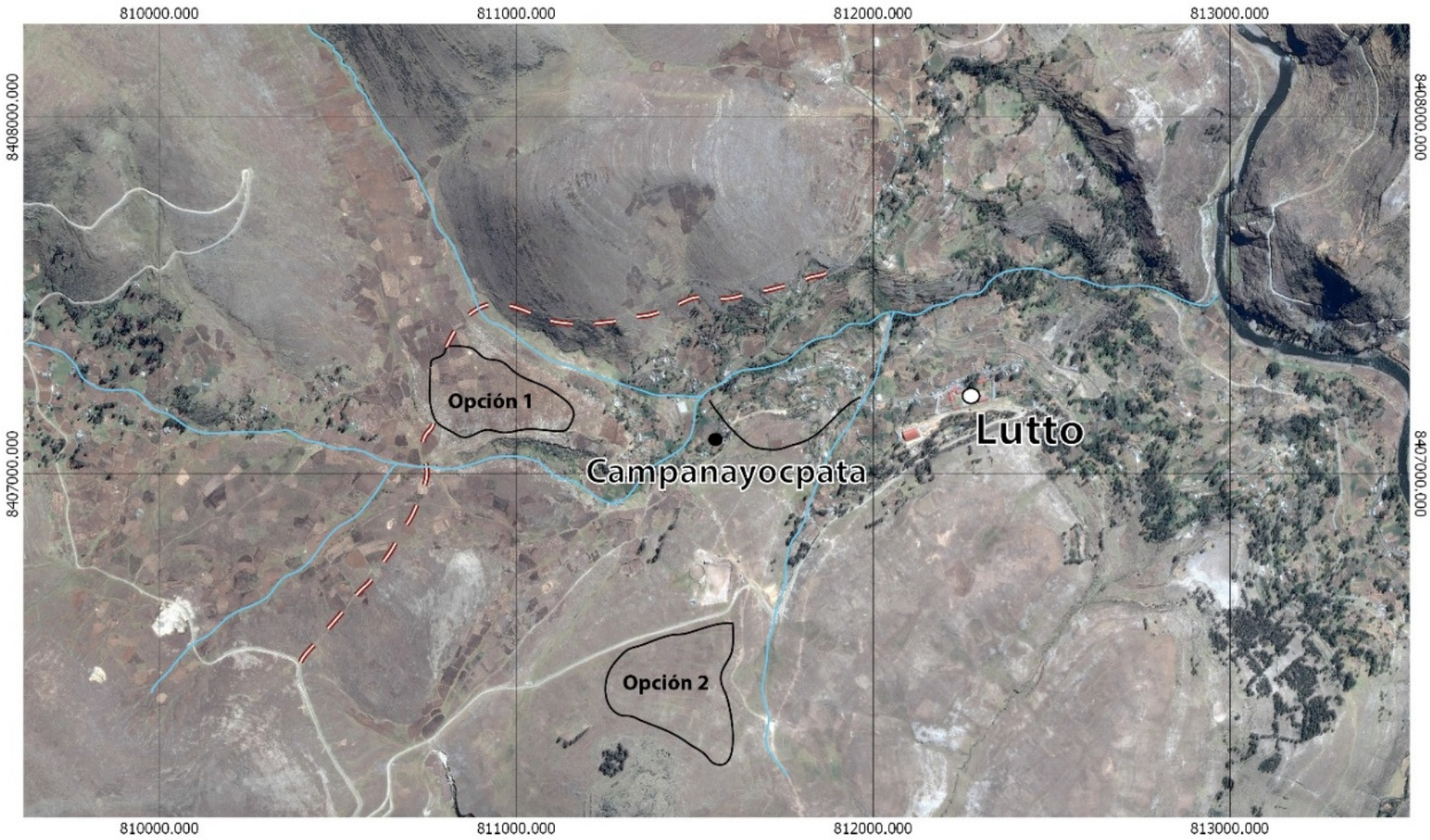


Fig. 19. Imagen Google Earth con la ubicación de la comunidad campesina de Lutto y las opciones de reubicación (Opciones 1 y 2) para la reubicación de las viviendas afectadas por el deslizamiento en la localidad de Campanayoc. De igual forma se sugiere el cambio de ruta de la vía Cusco-Santo Tomas (línea roja y blanca).



Fig. 20. Vista al oeste del deslizamiento. Zona (cuadro blanco con flecha negra) donde se sugiere el reasentamiento de las viviendas afectadas (opción 1 de la figura 17).



Figura 21. Vista de parte del campamento donde se encuentran pernoctando las familias afectadas por el deslizamiento. Sector Campanayocpata. Este lugar representa la opción 2 para reubicación.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio en la zona de influencia de la masa removilizada (Zonificación de amenazas en el área de propagación (alcance), basándose en el análisis de los depósitos).

- Realizar el cartografiado litológico al detalle, en la localidad de Lutto y alrededores, con la finalidad de obtener mejor información geológica para la implementación de obras de mitigación y prevención.

- Obtener un mejor mapa topográfico a detalle con métodos modernos y exactos (Lidar, RPAS, Imágenes satelitales) para el análisis de pendientes y su relación con el tipo de suelo y roca, además de la obtención de otras zonas vulnerables.

- Realizar estudios de suelos y análisis de mecánica de rocas para conocer con mayor detalle las características físicas y mecánicas del material del deslizamiento.

- Realizar **estudios de suelos y análisis de mecánica de rocas** en las zonas de reubicación, para garantizar la calidad de suelo para el emplazamiento de las viviendas.

- Limitar o tecnificar el riego zonas de cabecera de ladera y en terrenos de cultivo emplazados en laderas de toda la quebrada España.

- Generar planes de contingencia ante la ocurrencia de fenómenos geodinámicos.

- Realizar estudios de peligros hidrometereológicos y sísmicos.

- Realizar estudios complementarios en las zonas designadas para el reasentamiento de la población afectada, indicados por el ANA, que produzcan socavamiento ocasionando posteriores movimientos en masa.

- Realizar obras de estabilidad de taludes con andenería o balconería, implementar un sistema de drenaje completo, considerando además cabecera de microcuenca y la zona poblada de Lutto.

- Reforestar con plantas autóctonas y evitar utilizar los suelos de la parte superior del deslizamiento y alrededores para cultivos.

- No realizar zanjas de infiltración en el cuerpo estabilizado ni en los alrededores.

- Evitar la filtración excesiva de agua en las zonas inestables del deslizamiento.

- Realizar un mejoramiento en el sistema de drenaje, desagüe y alcantarillado de la población de Lutto y anexos.

- **Realizar las obras de prevención de riesgos lo más pronto posible**, considerando la época de precipitaciones pluviales en la zona, con la finalidad de reducir la vulnerabilidad y evitar posibles pérdidas humanas y materiales.

- No permitir habitar y/o reconstruir en los alrededores del deslizamiento y menos dentro de él.

- Realizar un monitoreo constante del deslizamiento y alrededores, reportando a los entes involucrados cualquier suceso o actividad anómala.

- Considerar la reubicación de las viviendas emplazadas en la localidad de Lutto y poblaciones aledañas.

- Restringir la construcción de viviendas y otras obras civiles en zonas con pendiente moderada a alta, zonas con problemas de acumulación de agua, presencia de grietas y mala litología.

REFERENCIAS

- Pecho, V. (1981). Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. Hojas: 29-p, 29-q y 29-r. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 35, 88 p.

10. ANEXO: IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE MONITOREO GEODÉSICO DEL DESLIZAMIENTO

Como parte de los trabajos de campo, durante esta campaña de evaluación rápida, se ha implementado una red de 10 puntos de control para el monitoreo temporal en los alrededores del deslizamiento de Lluto, a través del método GPS diferencial. Estos puntos de observación se encuentran distribuidos en las inmediaciones del deslizamiento con la finalidad de determinar si se trata de zonas estables o de zonas con una dinámica activa (con deformación). De esta manera podremos tener un adecuado control de la evolución del deslizamiento.

.

En esta primera campaña de campo, luego de la instrumentación, se realizó el primer registro de las coordenadas (E, N y Z) de cada punto. Sin embargo, para poder detectar y cuantificar las deformaciones superficiales es necesaria por lo menos una segunda medición en una próxima campaña de campo.



Imagen A1. Distribución de puntos de control.



Foto A1. Trabajos de perforación en cuerpos rocosos para instalación de puntos de control, que nos permitan monitorear el movimiento del deslizamiento y alrededores.



Foto A2. Toma de coordenadas en puntos de control para monitoreo del cerro Corpuna, donde se encuentra el deslizamiento de Campanayocpata.

ANEXOS

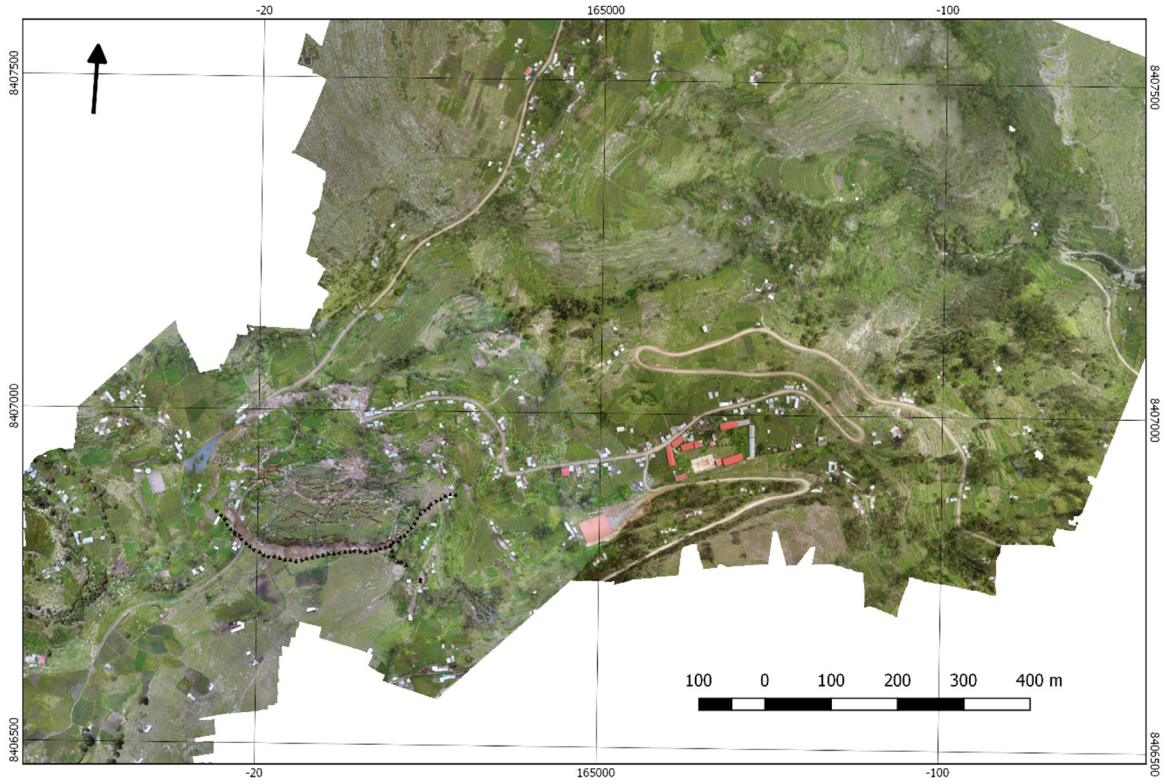


Imagen A2. Ortomosaico de 2cm/pix y 4cm de precisión del deslizamiento de Campanayocpata, Lutto y alrededores. Imagen generada a partir del proceso fotogramétrico con drones multirotor y ala fija.