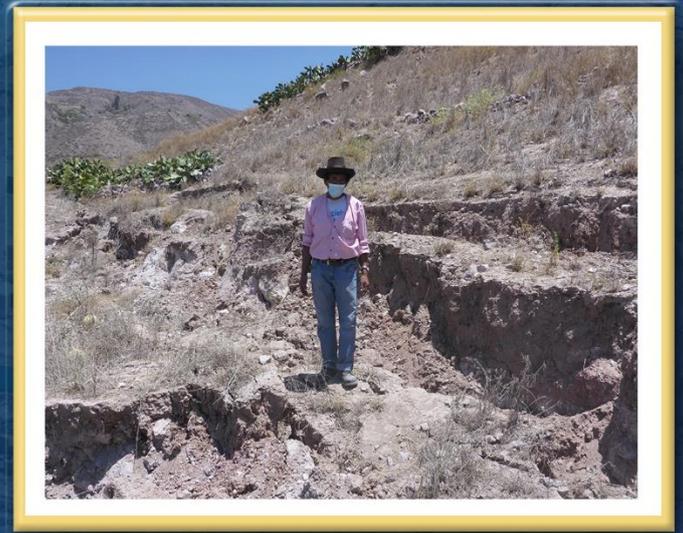
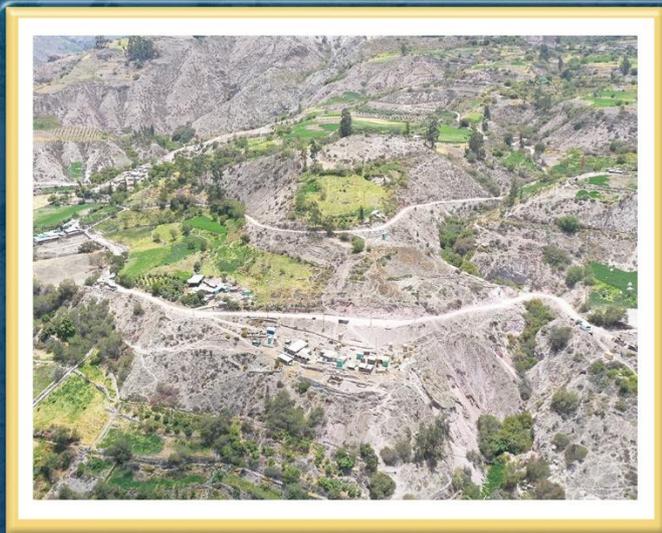


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7226

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LAMBAMANE

Departamento Moquegua
Provincia Mariscal Nieto
Distrito Torata



FEBRERO
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR
LAMBAMANE**

Distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto, Departamento Moquegua

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

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el sector Lambamane, Distrito de Torata, Provincia Mariscal Nieto, Departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A7226, 19p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES	1
1.3. ASPECTOS GENERALES	2
1.3.1. Ubicación	2
1.3.2. Accesibilidad	3
1.3.3. Clima	3
2. DEFINICIONES	3
2.1. Caídas o desprendimientos de rocas	3
2.2. Erosión de laderas (Cárcavas)	3
2.3. Deslizamiento	4
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	4
3.1 Unidades litoestratigráficas	4
3.1.1 Formación Inogoya (Ks-in)	4
3.1.2 Formación Paralaque (Ks-pa/tbl-lt)	4
3.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al2)	5
3.1.4 Depósitos aluviales (Qh-al5)	5
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	5
4.1 Pendientes del terreno	5
4.2 Unidades Geomorfológicas	6
4.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	6
4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional	7
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	7
5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa	8
5.1.1 Deslizamiento	8
5.1.2 Zona de derrumbes	11
5.2 Factores condicionantes	11
5.3 Factores desencadenantes	12
6. CONCLUSIONES	13
7. RECOMENDACIONES	13
BIBLIOGRAFÍA	14
ANEXO 1 MAPAS	15

RESUMEN

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

En el sector Lambramane afloran secuencias moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Inogoya, conformada por conglomerados y areniscas gruesas, de color gris verdosas a pardo claro, además de rocas volcánicas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Paralaque, constituida de derrames de dacita, riolita y andesitas, de colores marrón y rosado claro con intercalaciones de piroclásticos. Cubriendo estas formaciones, tenemos depósitos cuaternarios no consolidados, producto de antiguos movimientos en masa, ubicado en la ladera izquierda del río Torata, el cual consiste en bloques y gravas de colores pardo amarillentos, clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosa. En el sistema fluvio-aluvial del río Torata se aprecian gravas, arenas gruesas, medias y niveles de limolitas producto de llanuras de inundación, sobre la cual se ha establecido la agricultura para el sector Lambramane.

Las subunidades geomorfológicas comprenden montañas en rocas volcano-sedimentarias, terraza aluvial media y baja indiferenciada y vertiente o piedemonte, siendo la última subunidad, la que presenta la mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

Los peligros geológicos identificados comprenden movimientos en masa, tipo deslizamientos y derrumbes. El deslizamiento rotacional activo, posee un movimiento lento y retrogresivo, cuya corona principal es de forma regular y mide 100 m; la altura del salto del escarpe principal mide 1.5 m en su sección más alta. El deslizamiento impacta en 250 m de la troca carrozable que une Torata con el sector Chichisquea.

Dentro de los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos, se pueden corresponder a la presencia de depósitos de antiguos movimientos en masa, no consolidados, conformados por bloques, gravas, en matriz areno arcillosos. Las pendientes varían de llanos a inclinados, caracterizados de morfologías suaves (1°-5°) a escarpados (> 45°). El relieve en el sector Lambramane, se conforma de la unidad de piedemonte, la cual pertenece a un ambiente de transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes.

El área evaluada en el sector Lambramane es considerada zona crítica y de **Peligro Muy Alto**, afectado por un deslizamiento activo y derrumbes, que pueden acelerarse y desencadenarse en temporadas de lluvias intensas y/o prolongadas, o movimientos sísmicos.

Finalmente, se brindan algunas recomendaciones, que las autoridades competentes tomen en cuenta como: cambiar las técnicas de riego con asesoramiento especializado, además de cambiar el trazo de la carretera carrozable Torata - Chichisquea.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Torata, según Oficio N° 411-2021-A/MDT, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos en el sector denominado Lambramane.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al Ingeniero Yhon Soncco Calsina realizar dicha evaluación de peligros geológicos por deslizamiento que viene afectando a los terrenos agrícolas en el sector Lambramane, cuyos trabajos de campo se realizaron del 02 al 05 de diciembre del 2021.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Torata, Gobierno Regional de Moquegua, Oficina de INDECI y COER - Moquegua, 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 el peligro geológico por deslizamiento que se presentan en el sector Lambramane; así como otros eventos que puede comprometer la seguridad física de la población, terrenos agrícolas y vías de comunicación
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento
- c) Emitir recomendaciones y alternativas de mitigación y reducción de desastres.

1.2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

- a) Bellido, E. (1979) – Geología del cuadrángulo de Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica (35-u)., 84 p. Menciona la ocurrencia de la formación Paralaque en las laderas del río Quele, a unos 5 km al Noroeste de Torata, el cual está conformado por una secuencia de rocas volcánicas, mayormente por derrames de dacita, riolita y andesitas
- b) W. & Zuloaga, A. (2000) – Memoria explicativa de la geología del cuadrángulo de Moquegua Escala 1:50 000. Ingemmet, 12 p. Los depósitos aluviales ubicados en el río Torata corresponde a depósitos de pie de monte producto de antiguos movimientos en masa, consiste en bloques y gravas de color pardo amarillentos, clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosa.
- c) Luque, G. & Rosado, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 62 p. En Torata, el área está sujeta a derrumbes, huaicos, erosión de laderas y derrumbes en talud superior por sectores de la carretera Binacional (Km

31+970 - Km 37+00) El substrato rocoso de la plataforma está compuesta por tobas poco compactas muy alteradas y meteorizadas.

- d) Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas. En este informe, se menciona, la presencia de derrumbes, localizados, principalmente, a lo largo de taludes de corte de carreteras que atraviesan rocas muy fracturadas y de mala calidad, como sucede en las carreteras: Binacional (Moquegua-Torata km 32+000-km 33+700, km 35+500-km 36+000, km 77+000-km 79+000), Panamericana Sur (km 1172- km 1181).

1.3. ASPECTOS GENERALES

1.3.1. Ubicación

El área evaluada correspondiente al sector Lambramane, ubicada en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua (figura 1), en las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del sector evaluado en Lambramane

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	222941.00 m	8274186.00 m	15°35'41.88"S	71°35'1.12"O
2	223391.00 m	8274184.00 m	15°35'42.13"S	71°34'46.02"O
3	223391.00 m	8273800.00 m	15°35'54.61"S	71°34'46.18"O
4	222939.00 m	8273801.00 m	15°35'54.40"S	71°35'1.34"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Zona evaluada	223192.00 m	8274027.00 m	15°35'47.15"S	71°34'52.76"O

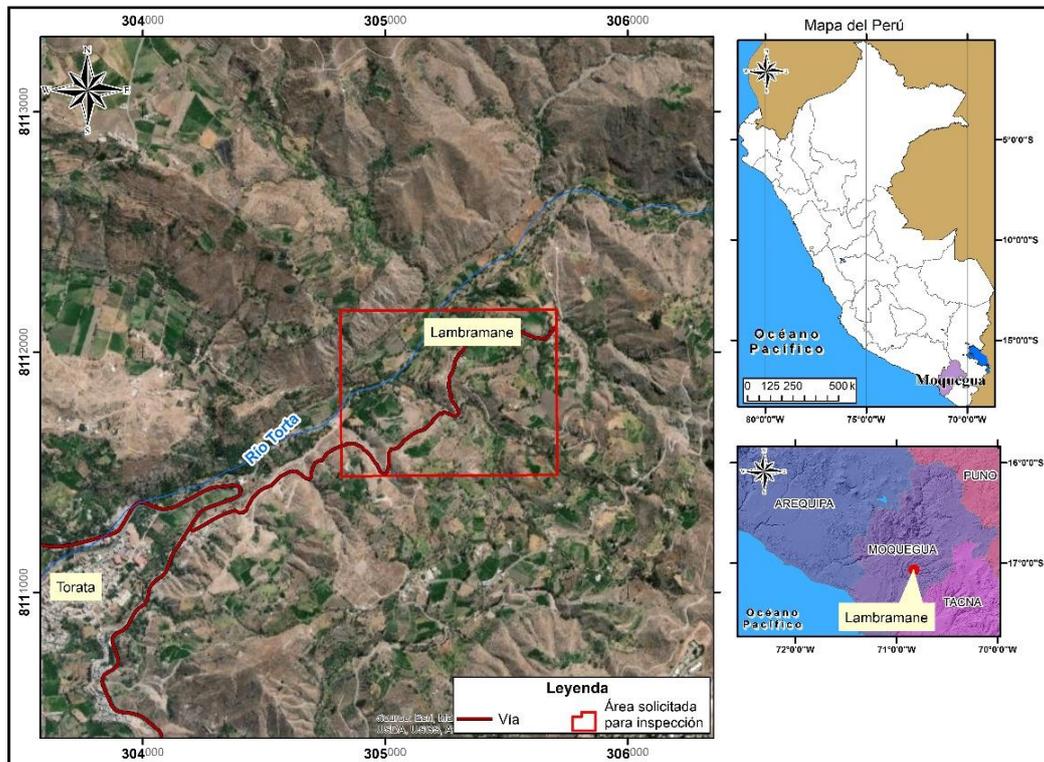


Figura 1. Ubicación del sector Lambramane

1.3.2. Accesibilidad

El acceso al sector Lambramane es por vía terrestre, partiendo desde la sede del Ingemmet OD-Arequipa, y se sigue la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa - Moquegua	Asfaltada	223	3 h 24 min
Moquegua - Torata	Asfaltada	25.5	40 min
Torata - Lambramane	Trocha carrozable	2	25 min

1.3.3. Clima

Según la clasificación climática de Thornthwaite (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2010a), Torata cuenta con clima **D(o,i,p)B'2H2**: Clima del tipo semiárido, templado, seco en otoño, invierno y primavera. Este tipo de clima corresponde zonas comprendidas entre los 1000 m s.n.m. y 2500 m s.n.m. Este clima se caracteriza por tener una temperatura máxima promedio mensual de 27 °C en diciembre y de 25 °C en julio; el rango anual es de 2 °C, lo que nos indica una variación pequeña, tipificado como un clima comfortable.

2. DEFINICIONES

2.1. Caídas o desprendimientos de rocas

La caída de rocas es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento, Varnes, (1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo.

El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

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

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

2.2. Erosión de laderas (Cárcavas)

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

lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

2.3. Deslizamiento

Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe (1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional, como evidencia en la zona (figura 2), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Se puede mencionar algunos factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En el área evaluada, el análisis geológico se desarrolló en base a la Geología del cuadrángulo de Moquegua, Bellido. E, (1979). Carta geológica nacional a escala 1:100 000. Y la memoria descriptiva de la actualización de la carta geológica nacional 35-u-IV (W. Martínez Y A Zuloaga., 2000). a escala 1:50 000.

La cartografía geológica, se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotografías y observaciones de campo.

3.1 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponde a rocas de la Formación Inogoya (Ks-in), formación Paralaque (Ks-pa/tbl-lt) y depósitos aluviales (Qh-al2 y Qh-al5) (mapas 1).

3.1.1 Formación Inogoya (Ks-in)

Aflora al Noreste del área evaluada, está conformado por una secuencia de conglomerados y areniscas gruesas, de color gris verdoso a pardo claro, infrayace a la Formación Paralaque. En el sector Lambramane esta secuencia se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturada.

3.1.2 Formación Paralaque (Ks-pa/tbl-lt)

El nombre de esta formación deriva de la hacienda Paralaque, ubicada en las laderas del río Quele, a unos 5 km al Noroeste de Torata. Bellido., (1979).

En el área evaluada, esta unidad aflora en el extremo Noreste, está conformado por una secuencia de rocas volcánicas, mayormente por derrames de dacita, ríolita y andesitas, de colores marrón y rosado claro con intercalaciones de piroclásticos.

Esta unidad se encuentra moderadamente meteorizada y medianamente fracturada.

3.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al2)

En el sector Lambramane, corresponde a depósitos de pie de monte producto de antiguos movimientos en masa de la ladera izquierda del río Torata. Consiste en bloques y gravas de color pardo amarillentos, clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosa. El depósito se encuentra no consolidado. En este depósito que se desarrolla el deslizamiento Lambramane.

3.1.4 Depósitos aluviales (Qh-al5)

Corresponde al sistema fluvio aluviales de sedimentos compuestos de gravas, arenas gruesas, medias y niveles de limolitas producto de llanuras de inundación, aquí es donde se ha establecido la agricultura para el sector Lambramane, se distribuye ampliamente en el valle del río Torata. Los depósitos se encuentran no consolidados, (figura 2)



Figura 2. El texto de color amarillo se muestra las distintas pendientes de área evaluado, (coordenadas UTM WGS84: 305337E, 8111849N)

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos varían de llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), una zona media de las laderas donde se observa cambios abruptos a terrenos muy fuertes (25° - 45°), a escarpados ($> 45^{\circ}$), e inclinaciones de terrenos de pendiente moderada (5° - 10°) en la parte alta, (figura 3).

Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 20 cm de resolución, elaborado a partir de fotogrametría con dron (mapa 2).

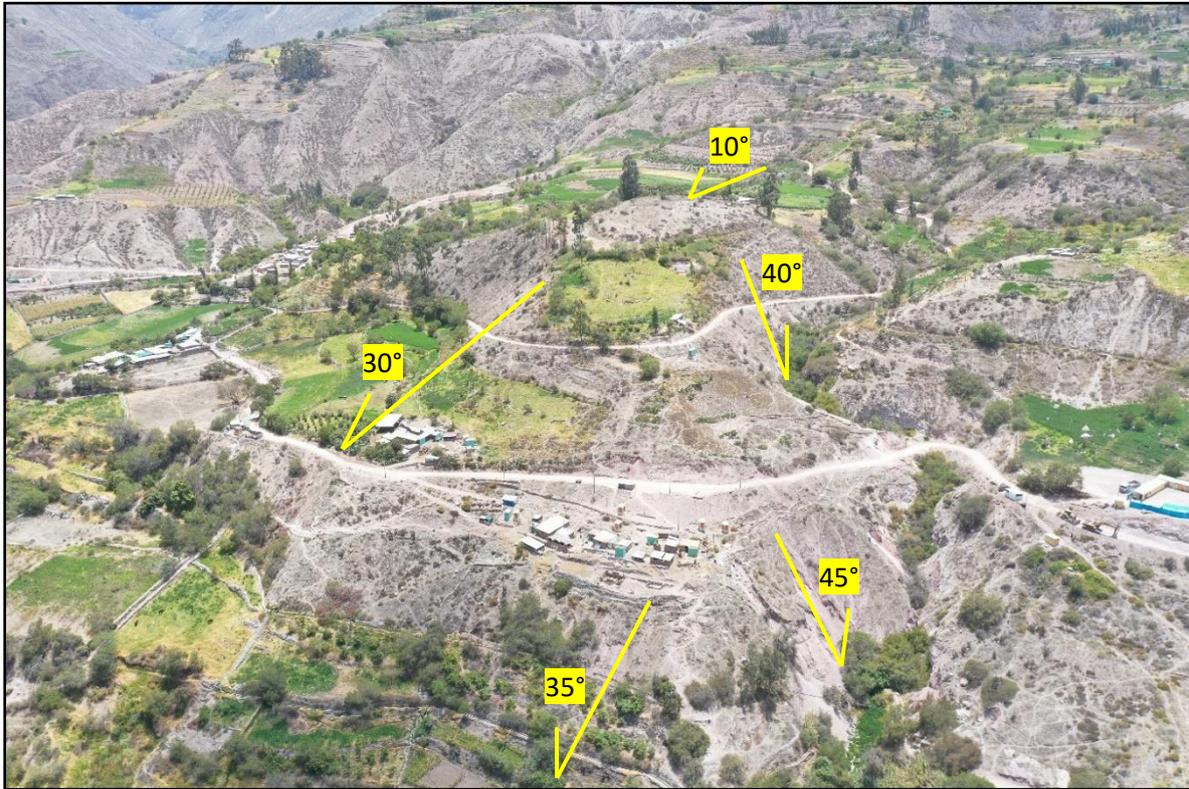


Figura 3. El texto de color amarillo se muestra las distintas pendientes de área evaluado, (coordenadas UTM WGS84: 305266E, 8111812N)

4.2 Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas empleadas por (Luque, G., et al. 2020). Cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Geformas de carácter tectónico degradacional o denudativos
- Geformas de carácter depositacional o agradacional

La evolución del relieve en el sector Lambramane, se presenta en el mapa geomorfológico (mapa 3).

En el área de estudio se han formado 3 geformas o subunidades, los cuales son: Terraza aluvial media y baja indiferenciada, montaña en roca volcano-sedimentaria y vertiente o piedemonte aluvial.

4.2.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes, Villota, (2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades y subunidades:

4.2.1.1 Unidad de montaña

Esta unidad está conformada por relieves agrestes, se caracteriza por su elevada altitud y por las altas pendientes de sus laderas.

Subunidad de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs): Dentro de esta subunidad se consideran a los relieves de montañas modeladas en afloramientos de rocas volcánicosedimentarias. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°. También, se tienen montañas con laderas empinadas y cimas redondeadas. Esta subunidad se ubica al este del área evaluada.

4.2.2 Geoformas de carácter depositacional o agradacional

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

4.2.2.1 Unidad de Piedemonte

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

Vertiente o piedemonte aluvial (V-al)

Geoforma inclinada al pie de un sistema montañoso de cualquier dimensión conformada por acumulación de material muy heterogéneo; está constituida por bloques, cantos, arenas, limos y arcillas (Cuaternario). Formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional; así como lluvias ocasionales muy excepcionales que se presentan en la región. Es sobre esta unidad que se ubica el sector Lambramane.

Terraza aluvial media y baja indiferenciada (Tbm-i)

Superficie suavemente ondulada y pendiente (1° a 5°). Está conformada por material granular y es aprovechada para la agricultura. Son terrazas más o menos antiguas alejadas de los drenajes de río, es difícil de distinguir o delimitar de otros depósitos de piedemontes. Se aprecia en ambas márgenes del río Torata.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos corresponden a movimientos en masa de tipo, deslizamiento y derrumbe. Estos son resultados del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por los ríos, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos. Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial y la cobertura vegetal. Como factores “detonantes” se tiene a las lluvias

periódicas y extraordinarias que caen en el área; así como, la actividad sísmica. También se identificaron procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas y erosión fluvial.

5.1 Peligros geológicos por movimientos en masa

En el sector Lambramane, se identificó un deslizamiento y cuadro derrumbes (mapa 4) que se describen a continuación.

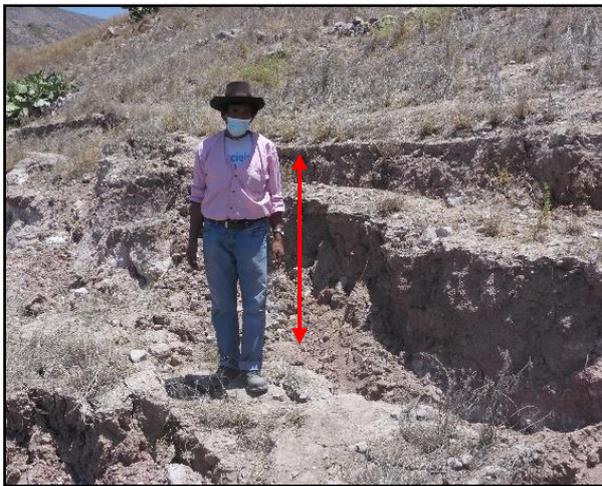
5.1.1 Deslizamiento

El deslizamiento es de tipo rotacional activo, con movimiento lento y retrogresivo. Durante los trabajos de campo se observó una depresión con forma irregular que corresponde al deslizamiento Lambramane.

La corona del deslizamiento tiene 100 m de longitud, hacia la margen derecha esta se prolonga mediante agrietamientos en el terreno hasta la zona urbana de Lambramane. La prolongación posee 80 m de longitud, el agrietamiento experimenta entre 10 a 15 cm de abertura.

El salto de escarpe mide desde algunos centímetros hasta 1.5 m. en su sección más potente; en el corte se aprecia bloques, gravas y arenas de color pardo amarillentos y rojitos, clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosa. El depósito se encuentra no consolidado (figura 4).

La masa deslizada o removida, llega hasta el cauce de la quebrada Lambramane, en cuyo recorrido presenta ondulaciones, desniveles y desplazamiento del terreno (figura 5).



La dirección de desplazamiento del deslizamiento va de Noreste a Suroeste con dirección a la quebrada Lambramane. Además, en el pie del deslizamiento se ha observado derrumbes, el cual deja sin soporte la ladera.

Figura 4. Escarpe de deslizamiento, (coordenadas UTM WGS84: 305297E, 8111819N)

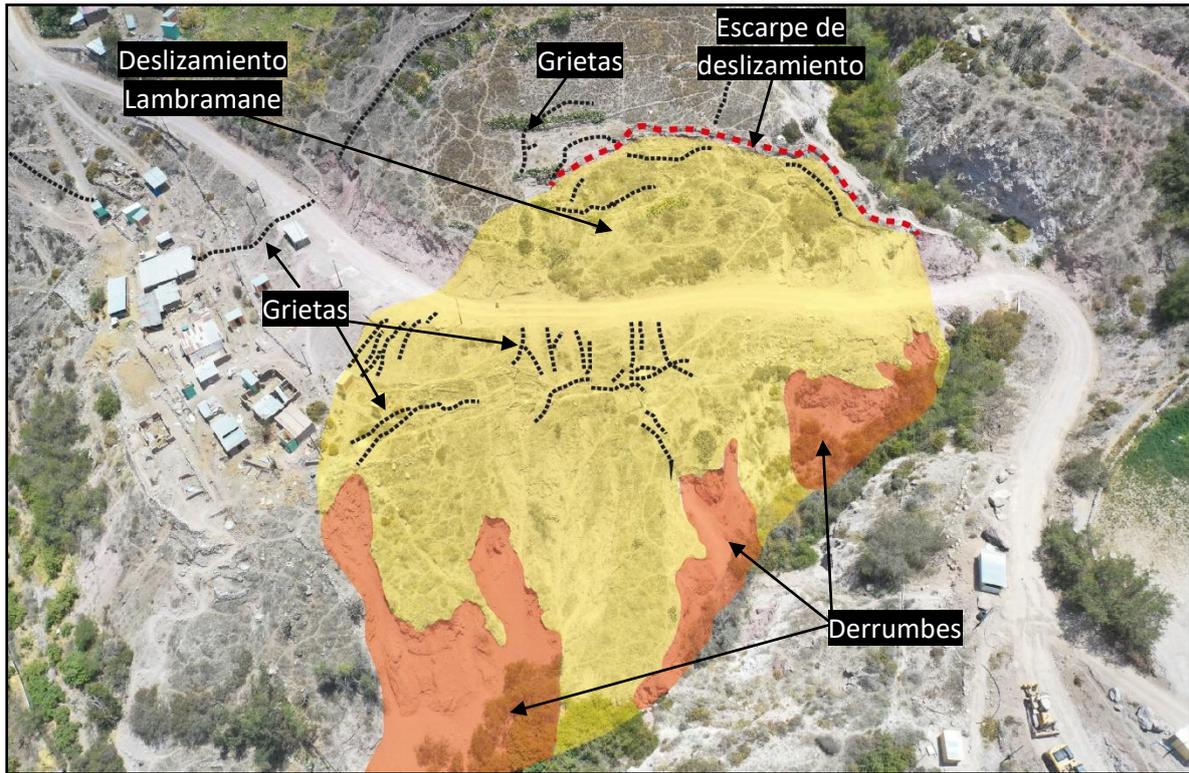


Figura 5. Deslizamiento Lambramane, (coordenadas UTM WGS84: 305266E, 8111812N)

En la parte alta del deslizamiento Lambramane se ha identificado una serie de agrietamiento el cual se prolongó hasta la parte baja de la vía que cruza el sector (figura 6). Este posee hasta 260 m de largo y entre 5 a 10 cm de abertura.



Figura 6. Deslizamiento Lambramane parte baja, (coordenadas UTM WGS84: 305266E, 8111812N)

En la parte alta se han encontrado canales de regadío, los cuales no cuentan con revestimiento (figuras 7 y 8). Generando infiltración y saturación de los terrenos en las partes bajas.

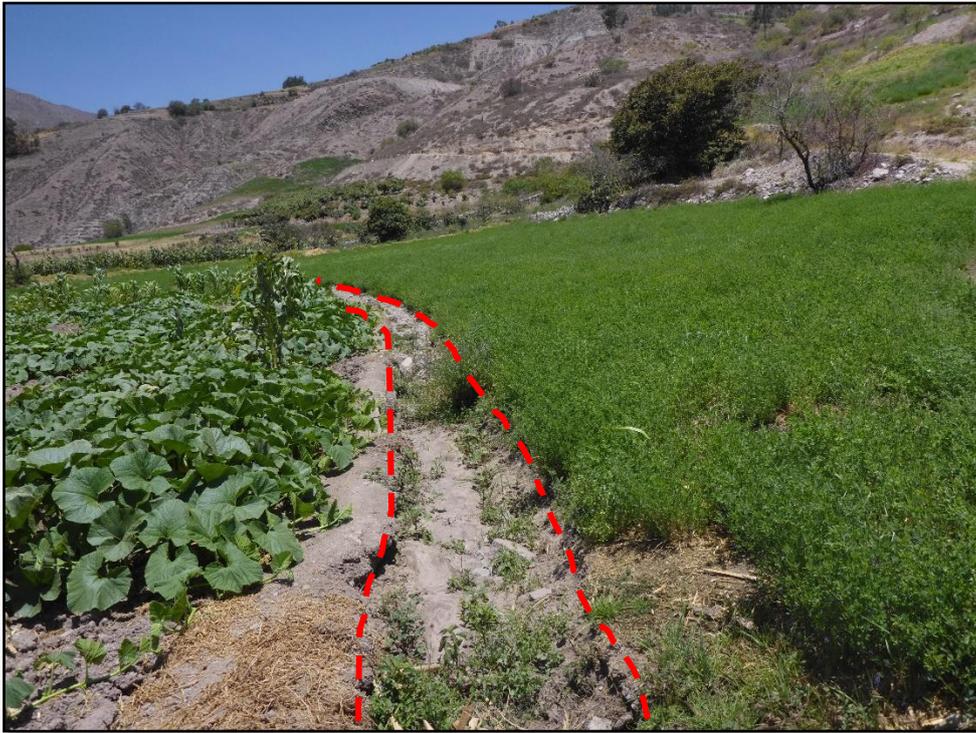


Figura 7. Canal de agua en la parte alta del sector Lambramane. (coordenadas UTM WGS84: 305606E, 8111687N)



Figura 8. Canal de agua en la parte alta del sector Lambramane. (coordenadas UTM WGS84: 305414E, 8111858N)

5.1.2 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan en la parte baja del deslizamiento Lambramane, aparentemente por el empuje del cuerpo del deslizamiento y una ligera erosión en la base de los acantilados. Las cicatrices de arranque de los derrumbes tienen forma irregular, las más grande posee 60 m. en la parte baja de las mismas se aprecian las acumulaciones de los derrumbes.

La zona urbana en el sector Lambramane y la carretera que une el distrito de Torata con el sector Chichisquea se ubican en la parte alta de escarpa de los derrumbes.

Las aguas provenientes del sistema de riego por gravedad se infiltran en los terrenos, saturando los materiales, y el empuje de la masa movilizada por el deslizamiento Lambramane, ayudan la generación de derrumbes (figura 9).

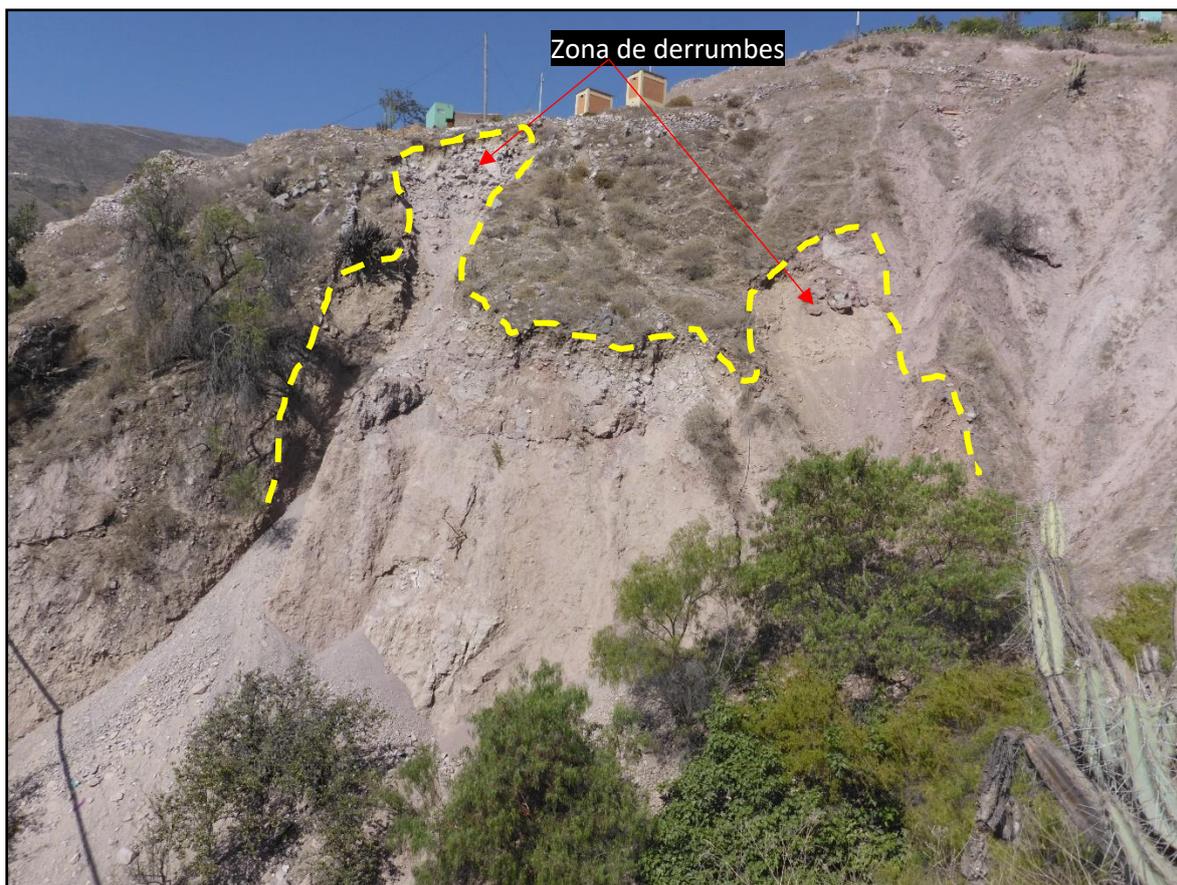


Figura 9. Zona de derrumbes en el sector Lambramane, (coordenadas UTM WGS84: 305191E, 8111817N)

5.2 Factores condicionantes

- Presencia de depósitos de antiguos movimientos en masa no consolidados, conformados por bloques, gravas de colores pardo amarillentos, clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosos, muy susceptibles hacer erosionados.
- Las pendientes de los terrenos varían de llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), y laderas con cambios abruptos a terrenos con pendiente muy fuertes (25° - 45°), a escarpados ($> 45^{\circ}$), e inclinaciones de terrenos de pendiente moderada (5° - 10°) en la parte alta.

- El relieve conformado por la unidad piedemonte, pertenece a un ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Esta unidad es susceptible a movimientos en masa.

5.3 Factores desencadenantes

- Lluvias intensas, prolongadas o extraordinarias (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da entre los meses de diciembre a abril), según la estación meteorológica Moquegua, para una ventana de tiempo de más 25 años, la zona presentó un máximo de 20 mm de precipitación. Las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al deslizamiento y derrumbes.
- Los movimientos sísmicos pueden generar desprendimientos de rocas desde las partes altas, deslizamientos y derrumbes. Según el diseño sismorresistente, del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N°011-2006-vivienda. La zona evaluada se ubica en la zona 3, con un factor Z de 0.35. “El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad

6. CONCLUSIONES

1. En el área evaluada afloran secuencias moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, intercaladas de conglomerados y areniscas gruesas; y derrames de dacita, riólita y andesitas, superpuesta de depósitos Cuaternarios producto de antiguos movimientos en masa, ubicado en la ladera izquierda del río Torata, conforman el sistema fluvio-aluvial del río Torata producto de llanuras de inundación, sobre el que se ha establecido el área agrícola del sector Lambramane, se muestran muy susceptibles a movimientos en masa
2. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área evaluada comprenden: Deslizamientos y derrumbes. El deslizamiento tipo rotacional activo, posee un movimiento lento y retrogresivo, y afecta 250 m de la trocha carrozable que une el distrito de Torata con el sector Chichisquea, el cual debe ser evaluada y cambiada de trazo.
3. Las pendientes muy fuertes (25°- 45°), a escarpados (> 45°), e inclinaciones de terrenos de pendiente moderada (5°-10°) en la parte alta y el relieve conformado por la unidad de piedemonte, que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes y el tipo de litología descrito líneas arriba, determinan la zona crítica y de Peligro Muy Alto, afectado por un deslizamiento activo y derrumbes, que pueden acelerarse en temporadas de lluvias prolongadas y/o excepcionales.

7. RECOMENDACIONES

1. A fin de disminuir el avance retrogresivo del deslizamiento Lambramane, evitar las infiltraciones de agua en el suelo, a través de cambio de técnicas de riego con asesoramiento de las entidades correspondientes. Actualmente emplean riego por gravedad, se recomienda riego por goteo.
2. Cambiar el trazo de la trocha carrozable y reubicar todas las viviendas ubicadas en el sector Lambramane, estas pueden ser afectas por el deslizamiento activo.
3. Con el objetivo de conducir adecuadamente las aguas pluviales, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie incluyendo canales y acequias para evitar infiltraciones al subsuelo.
4. Todos los reservorios y canales de agua en el sector deberían ser impermeabilizados para evitar la infiltración en los terrenos.
5. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura en área susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa. Además de incentivar a la población a la migración de nuevos tipos de cultivos y técnicas de irrigación, evitando las prácticas de riego por inundación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bellido, E. (1979) – Geología del cuadrángulo de Moquegua. Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica, 15, 84 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/132>
- Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The análisis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.
- Luque, G. & Rosado, M. (2014) - Zonas críticas por peligros geológicos en la región Moquegua: primer reporte, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 62 p. También disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2019>
- Luque, G., Pari, W., Dueñas, K. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Moquegua. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 75, 252 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2798>
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.
- Martínez, W. & Zuloaga, A. (2000) – Memoria explicativa de la geología del cuadrángulo de Moquegua (35-u). Escala 1:50 000. INGEMMET, 12 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2044>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en Masa en la Departamento Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 176, p. 9-33
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.



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



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

ANEXO 1 MAPAS

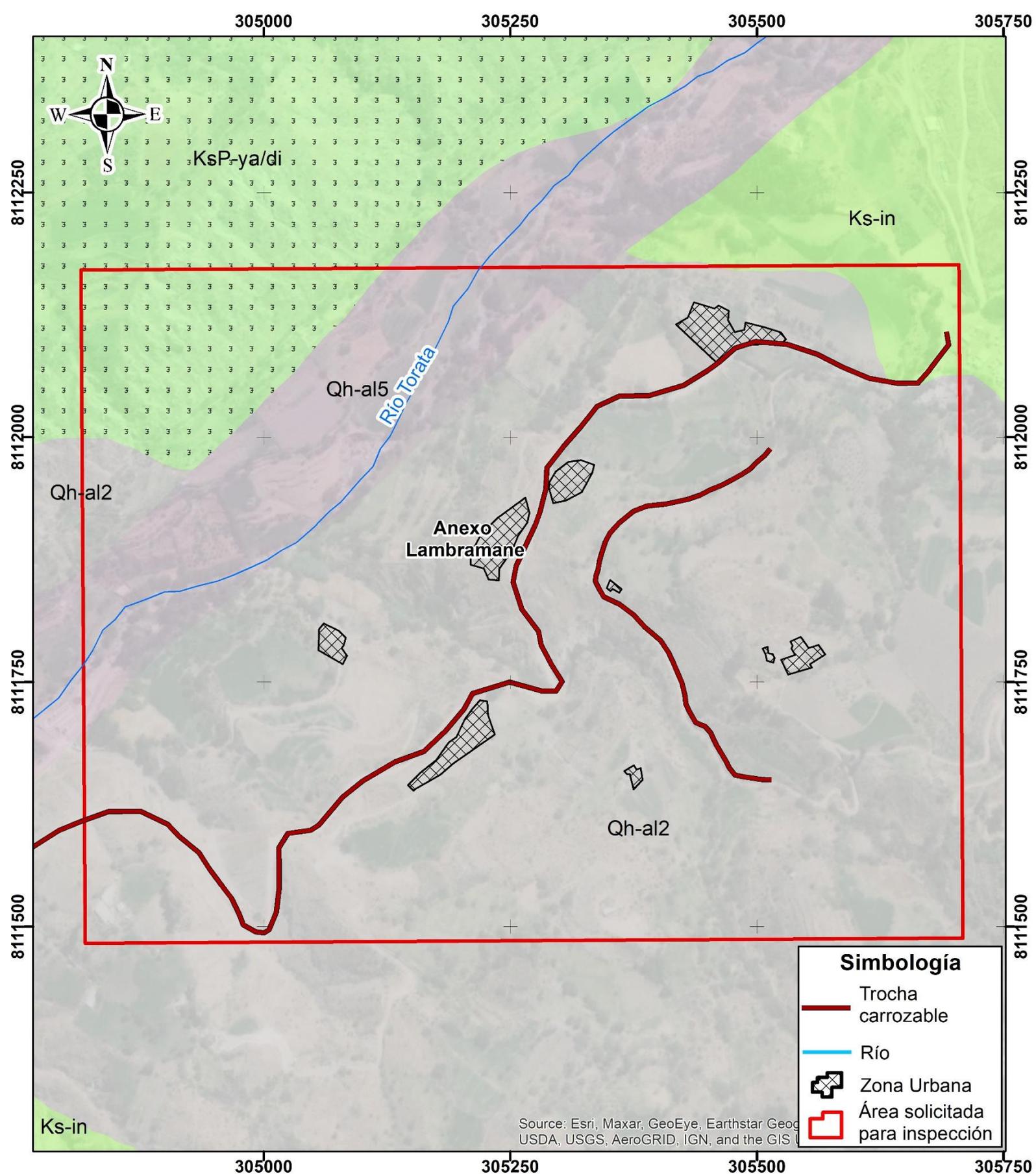
Se presenta los siguientes mapas:

Mapa N°1. Mapa geológico del área evaluado, adaptado del Mapa geológico del cuadrángulo de Moquegua (34-u4), a escala 1:50000. Martinez et. al. (2020)

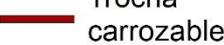
Mapa N°2. Mapa de pendientes, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones (DEM), de 20 cm de resolución, de fotogrametría con drone.

Mapa N°3. Mapa geomorfológico del área evaluada en el sector Lambramane.

Mapa N°4. Mapa de cartografía de peligros geológicos en el sector Lambramane



Simbología

-  Trocha carrozable
-  Río
-  Zona Urbana
-  Área solicitada para inspección

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOLÓGICO DEL SECTOR LAMBRAMANE

Proyección UTM	Escala 1:5,000	Mapa N° 1
Datum WGS 84	0 37.5 75 150	
Zona 19S	 m	

Unidad litoestratigráfica	
Qh-al5	Gravas, arenas y limos
Qh-al2	Bloques, gravas y arenas
KsP-ya/di	Tobas soldadas líticas porfíricas gris rojiza, líticas
Ks-in	Areniscas y conglomerados volcanoclasticos polimicticos, se intercalan flujos piroclásticos tipo toba-lapilli

305200

305300

305400

305500



8112000

8112000

811900

811900

811800

811800

811700

811700

305200

305300

305400

305500

Anexo
Lambramane



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

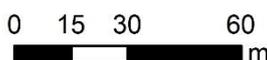
INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA DE PENDIENTES DEL
SECTOR LAMBRAMANE**

Proyección UTM
Datum WGS 84
Zona 19S

Escala 1:2,000



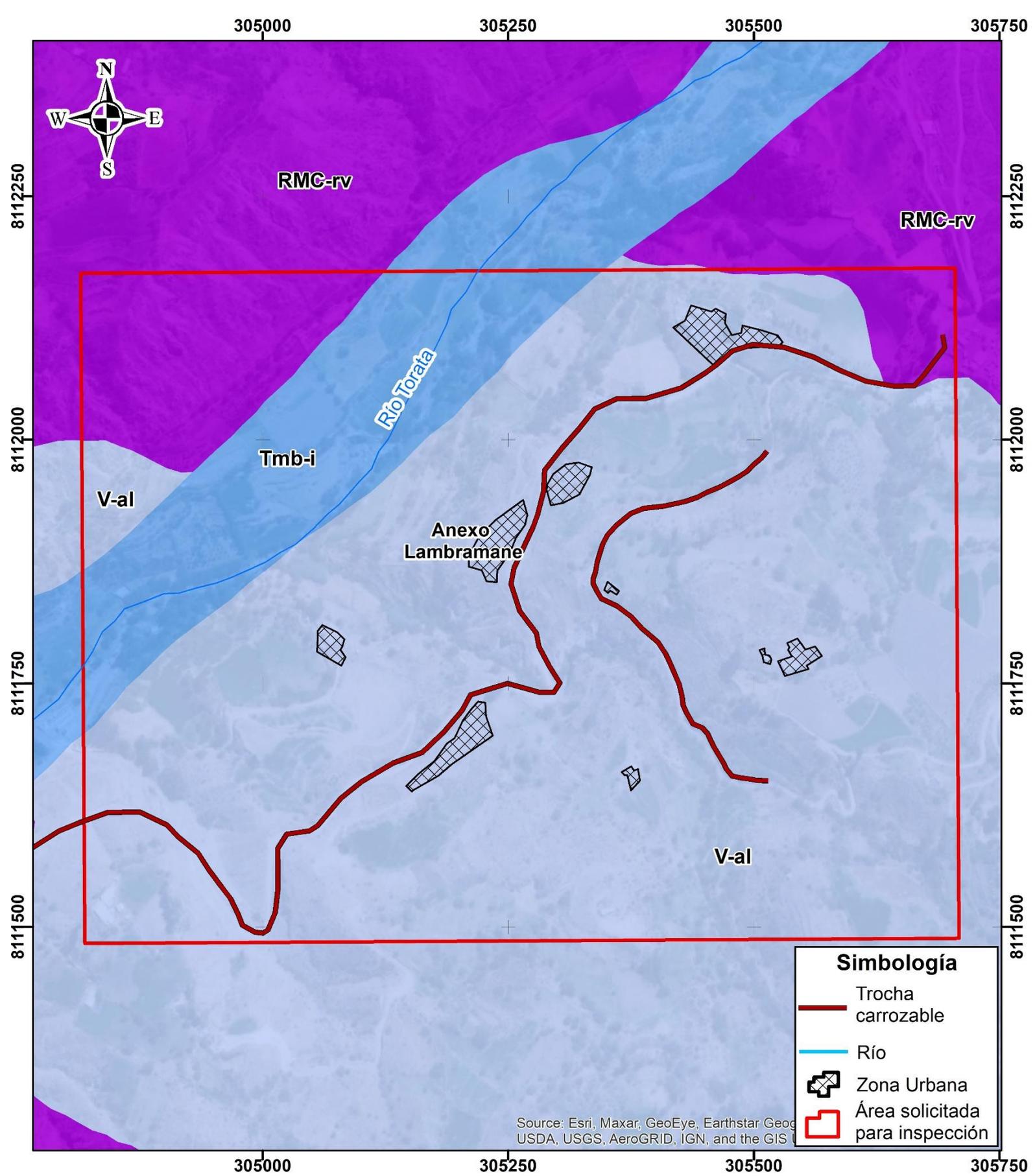
Mapa N° 2

Pendientes (Grados)

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

Simbología

	Trocha carrozable
	Zona Urbana



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL SECTOR LAMBRAMANE

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:5,000
 0 37.5 75 150 m

Mapa N° 3

Unidad litoestratigráfica	
Tmb-i	Terraza aluvial media y baja indiferenciada
V-al	Vertiente o piedemonte aluvial
RMC-rv	Montañas y colinas en roca volcánica



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR LAMBRAMANE

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:2,000

0 15 30 60 m

Mapa N° 4

Peligros geológicos

- Deslizamiento
- Derrumbes
- Escarpe
- Grietas

Simbología

- Trocha carrozable
- Río
- Canales con revestimiento
- Canales sin revestimiento
- Zona Urbana