PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

Opinión Técnica N° 02-2025

PELIGROS GEOLÓGICOS VINCULADOS CON REFERENCIA AL TEMPLO SANTA ANA, DISTRITO DE MACA

Departamento Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Maca

Marzo
2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
2. UBICACIÓN 1
3. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES 3
4. ANÁLISIS DE PELIGROS GEOLOGICOS 4
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 4
6. BIBLIOGRAFÍA 6
7. ANEXO 6

OPINIÓN TÉCNICA

PELIGROS GEOLÓGICOS VINCULADOS CON REFERENCIA AL TEMPLO DE SANTA ANA DISTRITO DE MACA

(Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento de Arequipa)

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el "Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)", contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud enviada por la Municipalidad Distrital de Maca donde se solicita una opinión técnica vinculada, con referencia al templo de Santa Ana del distrito de Maca. En este sentido, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó al ingeniero Dulio Gomez, realizar dicha opinión técnica en base de los informes técnicos de monitoreo del deslizamiento de Maca elaborado desde el año 2012 al 2024.

La opinión técnica se basa principalmente en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, fotografías obtenidas de sobrevuelos de dron y el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de de los solicitantes donde se proporcionan resultados de la opinión técnica y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. UBICACIÓN

El área de influencia del templo Santa Ana, se ubica en la margen izquierda del río Maca a 90m del escarpe del deslizamiento en dirección norte. Políticamente pertenece al distrito Maca, provincia Caylloma y departamento de Arequipa.

De esta manera, las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) del área opinión se muestra en la siguiente tabla 1, figura 1:

Tabla 1. Coordenadas del área de evaluación.

N°	***UTM - WGS84 - Zona 18S***		***Geográficas***	
	Este	*Norte*	*Latitud*	*Longitud*
A	203145.40	8268896.48	-15.640487°	-71.768735°
B	203201.25	8268892.86	-15.640526°	-71.768215°
C	203198.43	8268860.88	-15.640815°	-71.768245°
D	203145.10	8268867.99	-15.640744°	-71.768741°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	203179.88	8268885.08	-15.640594°	-71.768415°

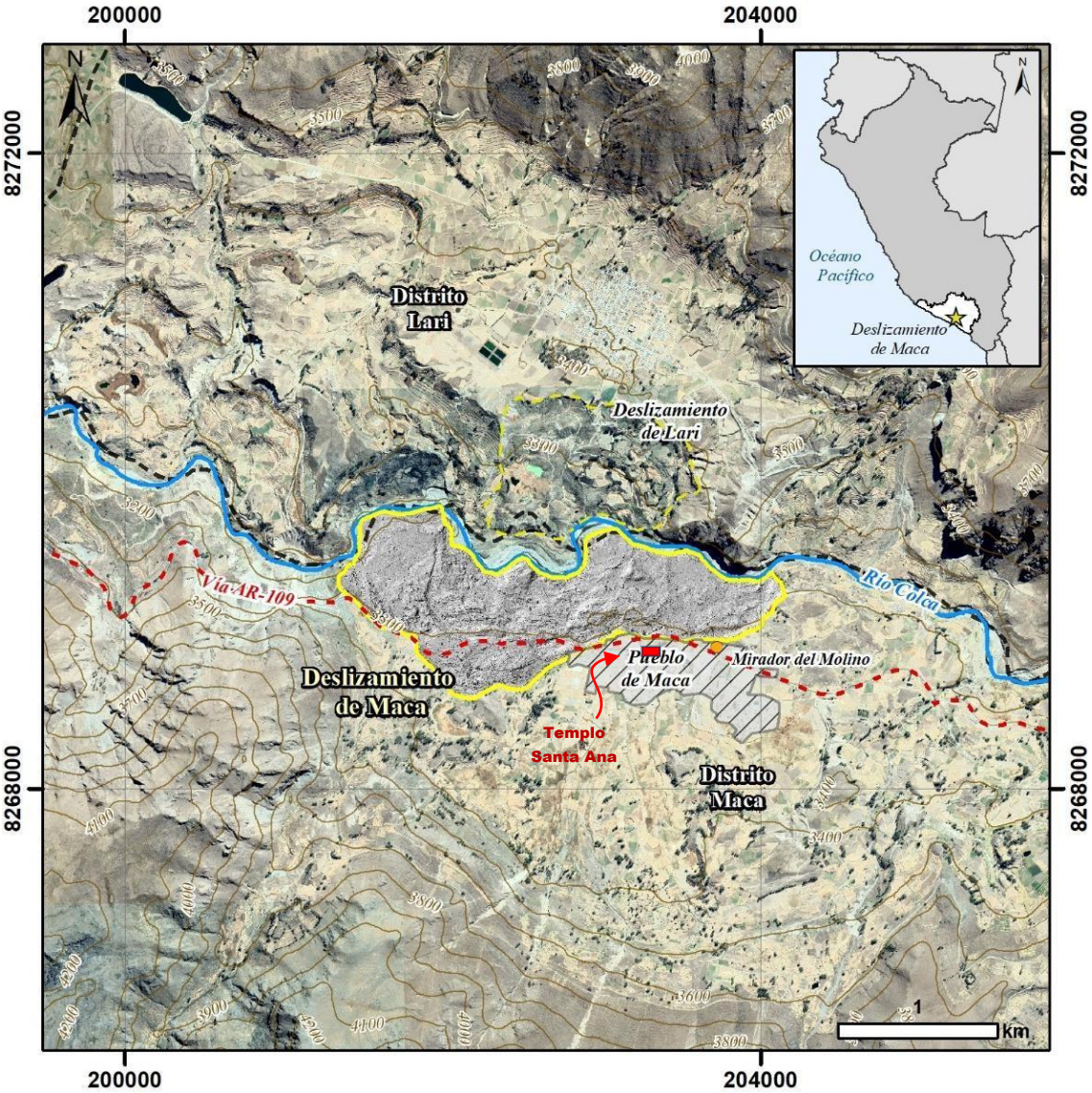

Figura 1. Ubicación del área del deslizamiento de Maca, Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento de Arequipa.

3. ANTECEDENTES Y TRABAJOS ANTERIORES

A continuación, se presenta un resumen de los informes técnicos disponibles relacionados con el deslizamiento activo en el distrito de Maca, provincia de Caylloma, región Arequipa, y su posible impacto en el templo de Santa Ana:

A) Informe Técnico N° A6628**:** Evaluación de la seguridad física del distrito de Maca: Estudios geológicos, geofísicos y monitoreo de movimientos en masa. Provincia de Caylloma, región Arequipa. (Zavala, et al., 2012). Este informe detalla que el pueblo de Maca ha sido afectado recurrentemente por movimientos en masa y actividad sísmica, impactando viviendas, áreas de cultivo e infraestructura vial. Se identificó que el pueblo se asienta sobre depósitos lacustres poco consolidados y saturados de agua, de aproximadamente 6-8 m de espesor, lo que genera efectos de sitio durante sismos, aumentando la vulnerabilidad de las edificaciones. Se recomendó la reubicación definitiva del pueblo debido al alto riesgo identificado.

B) Informe Técnico N.° A6736: Peligros geológicos en Maca, Región Arequipa, provincia Caylloma, distrito Maca (Valderrama & Araujo, 2016), el poblado de Maca y sus alrededores se localizan en una zona geológicamente muy activa, actualmente afectada por un deslizamiento en curso. De acuerdo con el Mapa de Peligrosidad por Movimientos en Masa, el templo de Santa Ana se encuentra emplazado en una zona de **peligro medio**, mientras que el Mapa de Peligrosidad por Procesos Sísmicos lo ubica en una zona de peligro **muy alto**, con una alta probabilidad de ser afectado por sismos y fenómenos de licuefacción de suelos. Los diversos mapas temáticos generados en el estudio permiten identificar con claridad las zonas con mayor grado de afectación potencial ante movimientos en masa y eventos sísmicos, proporcionando información técnica clave para la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo. (Ver Anexo 1, Figuras 2, 3 y 4).

C) Informe Técnico A6741: Monitoreo geodésico y estudio geodinámico del deslizamiento de Maca. Región Arequipa, provincia Caylloma, distrito Maca, (Taipe et al., 2017). Se presentan resultados del monitoreo geodésico del deslizamiento de Maca, indicando desplazamientos significativos en el sector occidental, con movimientos de hasta 12.5 m en 12 años. Se identificó que las lluvias y la actividad sísmica son los principales detonantes de estos movimientos. Se elaboraron mapas de peligrosidad, incluyendo peligro sísmico y peligro múltiple.

D) Informe Técnico. N° A7039: Evaluación de peligros geológicos en la carretera Maca-Cabanaconde, afectada por el deslizamiento ocurrido el 22 de marzo. Región Arequipa, provincia Caylloma, distrito Maca: (Ingemmet 2020). Se evaluaron los peligros geológicos en la carretera Maca-Cabanaconde, afectada por un deslizamiento en marzo de 2020. Se identificó que la carretera se asienta sobre depósitos no consolidados y friables, susceptibles a movimientos en masa. Se recomendó un nuevo trazo de la vía para evitar futuras afectaciones.

E) Informe Técnico. N° A7493 Reporte de monitoreo del deslizamiento de Maca, periodo 2022 - 2023. Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa, (Ingemmet, 2024). Se proporcionó una actualización sobre la actividad del deslizamiento de Maca hasta 2023, destacando la amenaza a la seguridad del distrito y la infraestructura local. Se enfatizó la necesidad de comprender y gestionar los riesgos asociados para la gestión de desastres y la investigación.

4. ANÁLISIS DE PELIGROS GEOLOGICOS

Con base en los informes elaborados por el INGEMMET, se determinó las siguientes condiciones de peligro para el área donde se encuentra el templo Santa Ana:

a. Deslizamiento Activo:

- El deslizamiento de Maca es clasificado como muy activo, con velocidades de desplazamiento horizontal de hasta 6.5 cm/año y hundimientos verticales de 4.3 cm/año.
- La zona urbana donde se ubica el templo presenta signos de deformación progresiva, especialmente en los puntos MA04 y MA19, cercanos al escarpe que cruza la carretera Maca-Cabanaconde.

b. Condición del Terreno:

- El subsuelo del área urbana está constituido por depósitos aluvio-lacustres, altamente susceptibles a movimientos en masa.

c. Peligro Sísmico:

- Estos depósitos blandos aumentan significativamente los efectos sísmicos locales ("efectos de sitio"), lo que ha sido evidenciado en sismos como los ocurridos en 1991, 1992 y 2013.
- La región ha sido impactada por múltiples sismos recientes (2022–2024), algunos de ellos con magnitudes mayores a 5 Mw.
- La combinación de sismos, erosión fluvial y precipitaciones intensas es un factor detonante para el deslizamiento.
- El subsuelo en el pueblo de Maca al estar compuesto por depósitos mal consolidados, saturados y con baja capacidad portante; es altamente susceptible a licuefacción durante eventos sísmicos moderados a fuertes y; efectos de sitio amplificadores con riesgo de daño estructural.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la ubicación del templo y la información consignada en los informes técnicos elaborados desde el 2012, así como el reporte de monitoreo del deslizamiento de Maca Periodo 2022-2024, se emiten las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones:

1. Los informes técnicos elaborados por el INGEMMET indican que la localidad de Maca, incluyendo el área donde se encuentra el templo de Santa Ana, se asienta sobre una antigua zona de deslizamiento que circunda la zona agrícola, limitada por las vertientes volcánicas superiores y la quebrada Japo. Esta condición geodinámica representa un factor crítico de inestabilidad.

2. El sector oeste (Chacaña) y la parte inferior del poblado presentan evidencias claras de deformaciones del terreno, tales como asentamientos diferenciales, agrietamientos, basculamientos y acumulación de agua superficial. El análisis

comparativo entre fotografías aéreas históricas e imágenes recientes revela una evolución regresiva sostenida del deslizamiento a lo largo del tiempo.

3. Las reactivaciones del deslizamiento han impactado directamente al sector oeste del pueblo, afectando viviendas, tramos de carretera, áreas agrícolas, caminos rurales e infraestructura de riego. Dada su naturaleza regresiva, existe un alto riesgo de que este fenómeno continúe avanzando y comprometa progresivamente sectores más amplios del área urbana de Maca. Asimismo, se ha identificado la presencia de escarpas de deslizamiento que rodean el poblado y su campiña, las cuales evidencian una intensa actividad pasada que, dadas las condiciones geológicas actuales, podría reactivarse.

4. Los movimientos en masa en la zona de Maca y, en general, en el valle del Colca, son desencadenados principalmente por eventos sísmicos, precipitaciones pluviales intensas o excepcionales, y por actividades antrópicas no controladas, como el riego indiscriminado o la alteración de taludes en la construcción de infraestructura vial e hidráulica. La acción directa de los sismos en la infraestructura local se manifiesta en daños recurrentes y destrucción progresiva de viviendas en los centros poblados del valle, lo que se ha evidenciado tras eventos sísmicos de magnitud igual o superior a 5 grados.

5. El asentamiento urbano de Maca se localiza sobre depósitos lacustres poco consolidados y con alta saturación de agua, lo cual incrementa significativamente la vulnerabilidad de las edificaciones frente a fenómenos de licuefacción, movimientos en masa y efectos sísmicos locales. Se han documentado desplazamientos significativos del terreno y, debido al riesgo existente, ya se ha recomendado técnicamente la reubicación del centro poblado como medida de mitigación.

6. El templo de Santa Ana se encuentra emplazado dentro de una zona critica, directamente afectada por el deslizamiento activo. Las condiciones geotécnicas del suelo indican una alta probabilidad de afectación estructural progresiva, atribuible tanto al efecto de sitio como a la posible licuefacción de suelos durante la ocurrencia de sismos de mediana o gran magnitud, sean locales o regionales. Esta condición representa un riesgo estructural latente y permanente, razón por la cual no se recomienda la ejecución de intervenciones definitivas.

Recomendaciones:

En caso de considerarse un proyecto de inversión en el templo (restauración, mantenimiento estructural o puesta en valor), se deben cumplir las siguientes condiciones mínimas:

1. Realizar un informe de evaluación de riesgos originados por movimientos sismos en el pueblo de Maca.
2. Evaluación geotécnica detallada del subsuelo, con perforaciones, prospección geofísica, análisis de estabilidad y modelamiento geodinámico en 3D. para conocer las condiciones de estabilidad actuales de la zona
3. Monitoreo geodésico continuo del templo mediante GNSS para verificar deformaciones activas en el terreno.

4. Diseño estructural sismorresistente adaptativo, considerando posibles desplazamientos diferenciales del suelo.
5. Intervenciones reversibles y no intrusivas en elementos arquitectónicos, priorizando técnicas de conservación patrimonial con mínima afectación a la estructura.
6. De realizar los proyectos de inversión, la habitabilidad, duración y otros usos que se considere de la infraestructura restaurada, deben ser definidos, diseñados y estar certificados por los técnicos competentes, que ejecuten las obras bajo su responsabilidad, así como de las autoridades competentes. Cabe mencionar que ya se tiene el precedente de las condiciones de la zona, así como de conclusiones y recomendaciones de los informes del Ingemmet, en los que ya se ha recomendado el reasentamiento del pueblo

Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS

Ing. BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

6. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). Reporte de monitoreo del deslizamiento de Maca, periodo 2022 - 2023. Distrito Maca, provincia Caylloma, departamento Arequipa. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7493, 16 p. https://hdl.handle.net/20.500.12544/4993
- Taipe, E., Araujo, G., Miranda R., Valderrama P. (2017). Monitoreo Geodésico y estudio Geodinámico del Deslizamiento de maca. Informe Técnico N° A6741, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Ingemmet. 31p. https://hdl.handle.net/20.500.12544/785
- Vela J., Miranda R. (2020) Evaluación de peligros geológicos en la carretera Maca-Cabanaconde, afectada por el deslizamiento ocurrido el 22 de marzo. Informe Técnico N° A7039, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Ingemmet. 30 p. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2615
- Zavala B, Mariño J., Lacroix P., Taipe E., Tatard L., Benavente C., Pari W., Macedo L., Peña F., Paxi R., Delgado F., Fídel L., Vilchez M., Villacorta S., Ochoa M., Luque G., Rosado M., Antayhua Y., Nuñez S., Vasquez S., Wathelet M., Guillier B., Bondoux F., Norabuena E., Gomez C. (2012). Evaluación de la Seguridad Física del Distrito de Maca. Informe Técnico Nro A6628, Ingemmet.

7. ANEXO

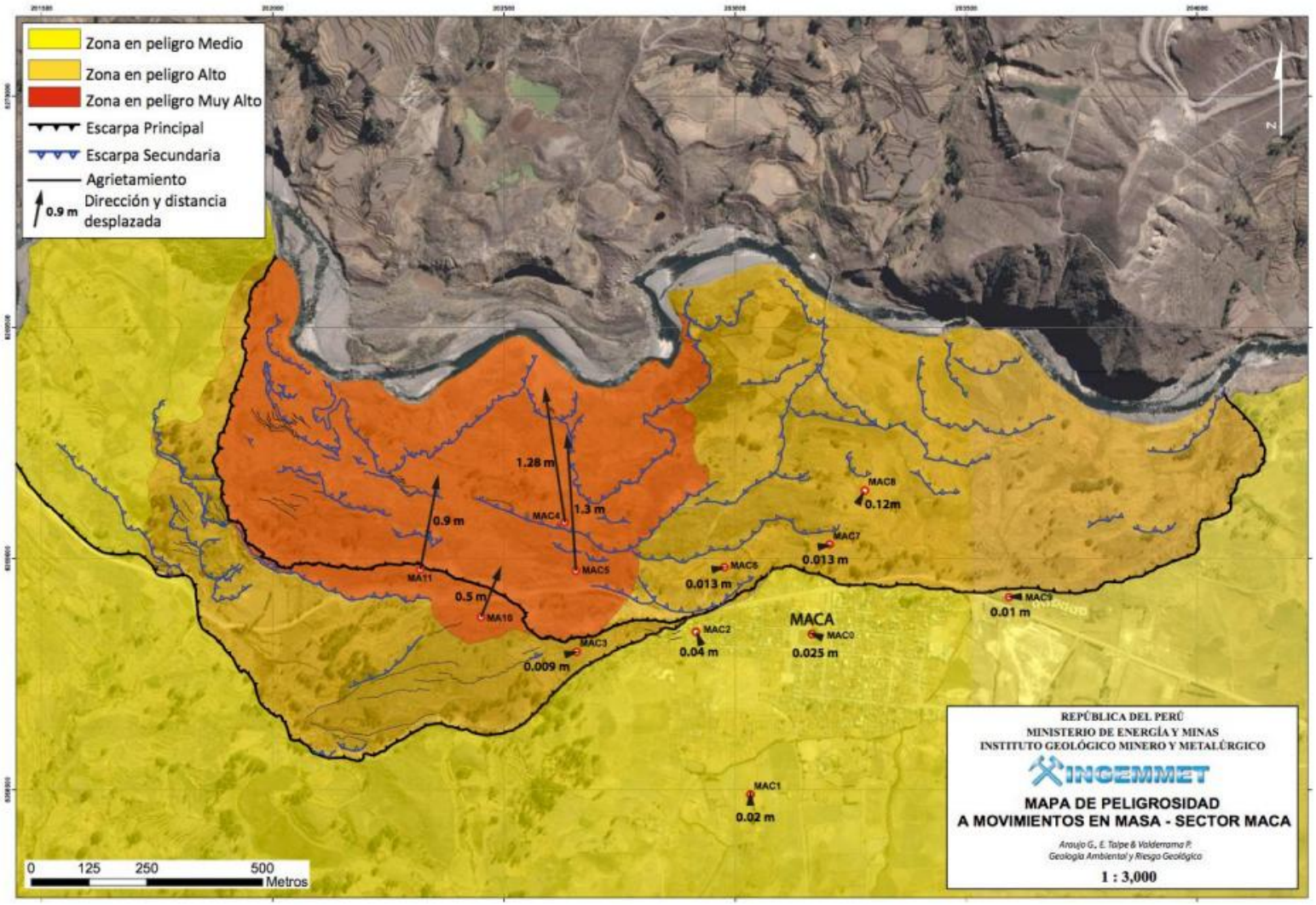

Figura 2: Mapa de peligrosidad a movimientos en masa, sector Maca

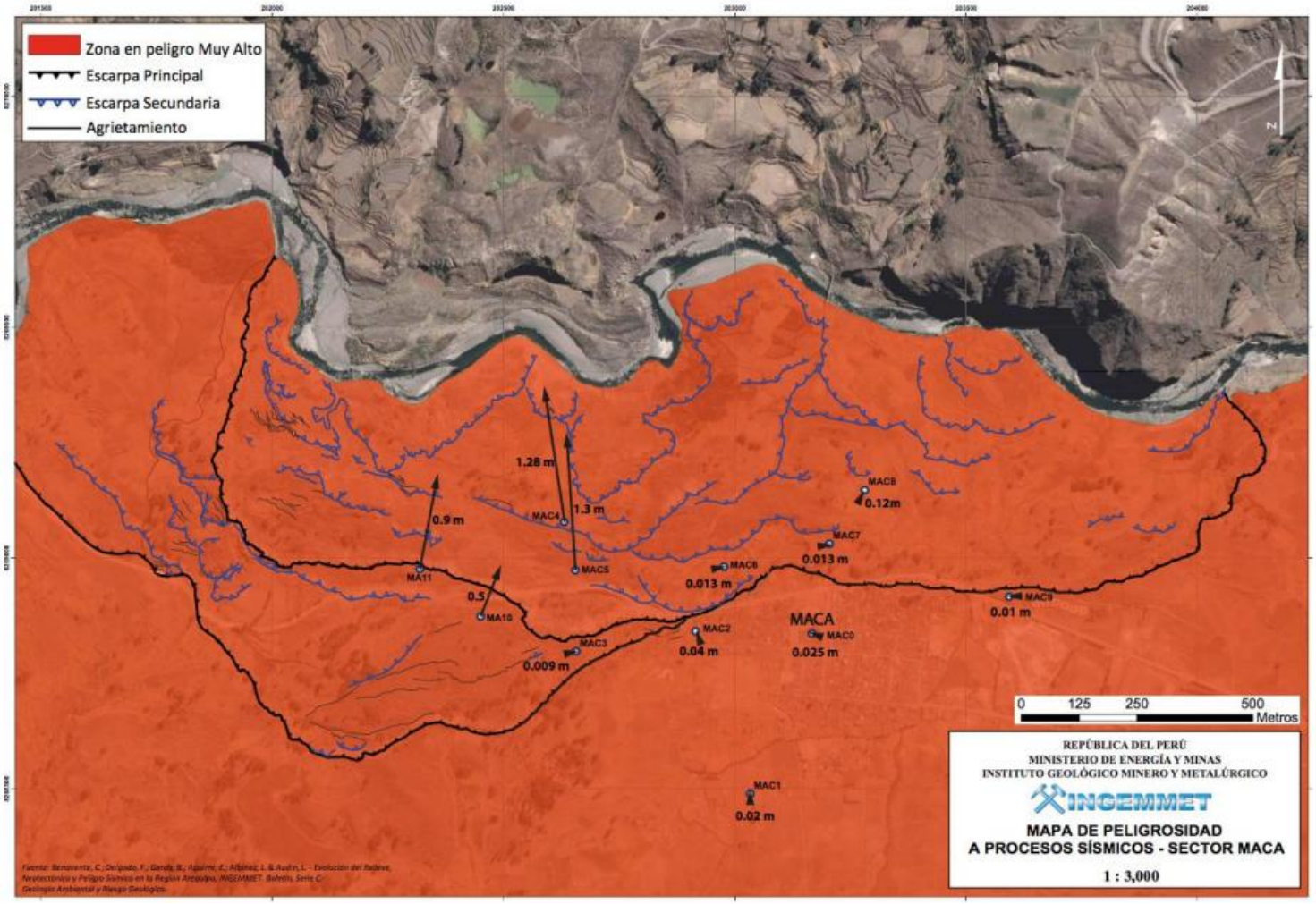

Figura 3. Mapa de peligrosidad a procesos Sísmicos

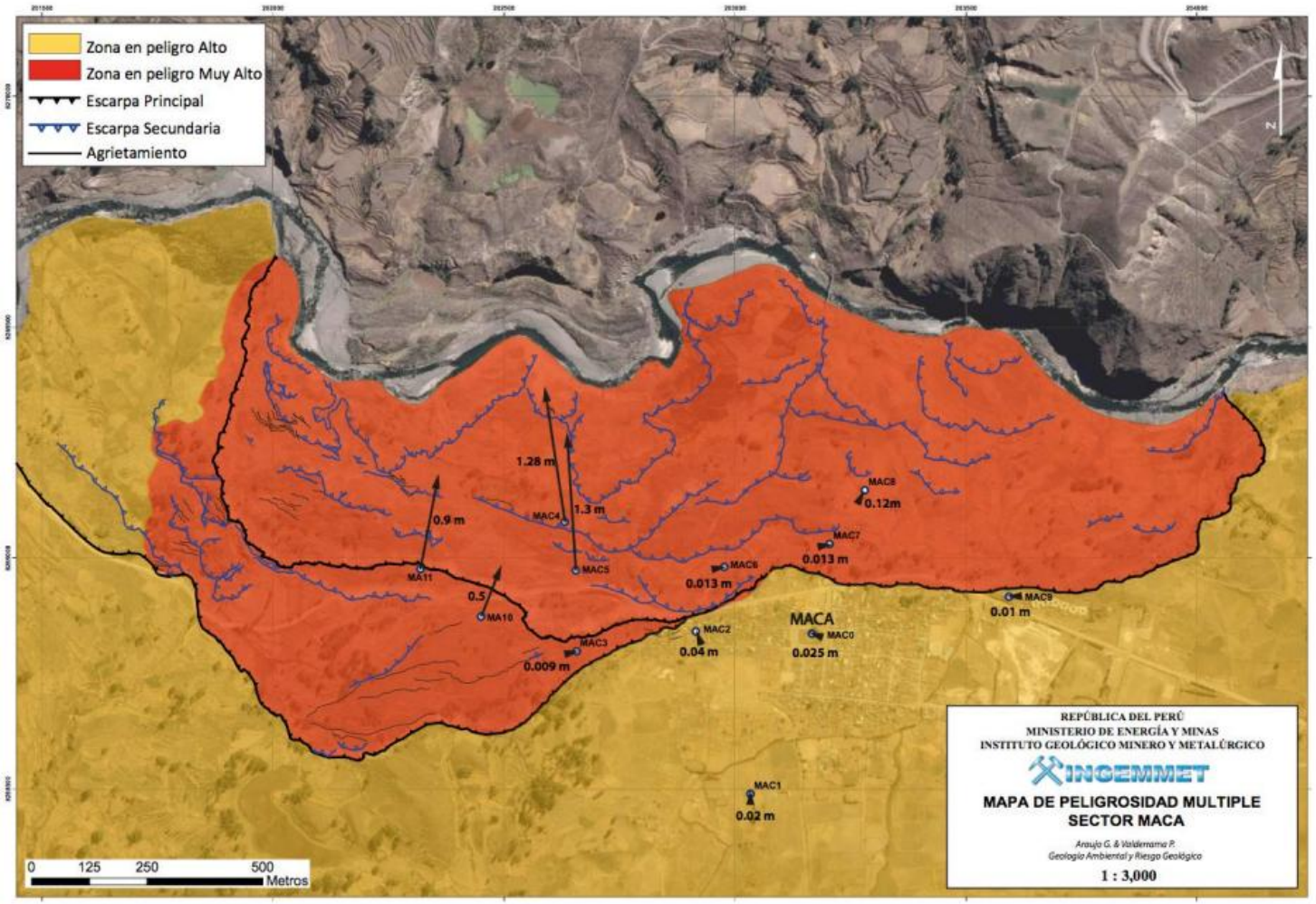

Figura 4: Mapa de peligrosidad múltiple del sector de Maca. Las flechas en color negro indican el desplazamiento horizontal, obtenido al partir del monitoreo geodésico