

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7058

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA IE 40390 MAYTA CÁPAC

Región Arequipa
Provincia Caylloma
Distrito Maca



MAYO
2020

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Metodología de trabajo.....	2
1.2 Objetivos.....	3
2. GENERALIDADES.....	3
2.1 Ubicación y accesibilidad.....	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	5
4. ASPECTOS GEOMORFÓLOGICOS.....	7
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	10
6. SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO DE MACA MEDIANTE ESTACIONES GNSS PERMANENTES.....	15
CONCLUSIONES.....	18
RECOMENDACIONES.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20

RESUMEN

La IE40390 Mayta Cápac, se ubica en el distrito de Maca, provincia Caylloma, Región Arequipa.

Geológicamente se localiza sobre depósitos de avalancha de escombros, conformada por fragmentos no consolidados de litología heterogénea, así como también sobre depósitos lacustrinos, compuesto de diatomita de coloración blanquecina. Así mismo en los alrededores se encuentran secuencias proluvio-aluviales y depósitos coluviales. Estos depósitos poseen malas características geológicas, geotécnicas y son susceptibles a ser afectados por procesos de movimientos en masa, tales como deslizamientos y derrumbes.

Geomorfológicamente se encuentra sobre la unidad de pie de monte (subunidad de vertiente o piedemonte coluvio – deluvial), conformada por depósitos de avalancha de escombros, que en conjunto son depósitos no consolidados y friables. En los alrededores de la zona de estudio se encuentra la unidad de planicie, asociada a depósitos coluviales y aluviales. Además, se encuentra la unidad de montaña, conformada por lavas del volcán Hualca Hualca, e ignimbritas del Grupo Tacaza.

La IE 40390 Mayta Cápac es susceptible a ser afectada por el deslizamiento rotacional activo de Maca, este evento presenta grietas retrogresivas en dirección al pueblo de Maca, que podría afectar principalmente al local del nivel secundario de dicho colegio, ya que se encuentra muy cerca a la escarpa principal del deslizamiento, calificándolo como de Peligro geológico alto.

El monitoreo continuo y permanente al deslizamiento de Maca mediante la técnica geodésica satelital, para periodo de evaluación entre 2018 a febrero del 2020, evidencia que tiene un comportamiento activo definido en el sector noreste del deslizamiento, con altos valores de desplazamiento de hasta 0.6 m/año de hundimiento.

Se recomienda evitar realizar construcciones en la IE 40390 Mayta Cápac, especialmente en el nivel secundario, porque se encuentra a solo 50 m de la escarpa principal del deslizamiento de Maca. Además, se debe considerar el informe técnico N°A6628 “Evaluación de la seguridad física del distrito de Maca” en la cual se determinó la reubicación del pueblo de Maca o la implementación de medidas de mitigación del riesgo, a fin de lograr un nivel de riesgo aceptable en el área.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente público técnico y especializado en el campo de la geología, tiene entre sus funciones, generar y proporcionar información con celeridad y transparencia, como también asistencia técnica a centros poblados del país en temas de peligros geológicos.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) mediante el proyecto Actividad 07: Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional y consideraciones geotécnicas, se encarga de realizar estudios de peligros geológicos, para brindar asistencia técnica a entes públicos, con la finalidad de dar las recomendaciones respectivas para la prevención y mitigación en beneficio de la población.

El subgerente de Formulación de Proyectos de Inversión de la municipalidad de Maca, mediante el oficio N°0733-2019-GRA/SGFPI, con fecha 08 de noviembre del año 2019, solicitó una evaluación técnica del centro educativo N°40390 “Mayta Cápac”, ubicado en el distrito de Maca, provincia Caylloma, región Arequipa.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, dispuso una brigada especializada en peligros geológicos, para las evaluaciones en los sectores mencionados. La brigada estuvo conformada por los ingenieros, David Prudencio, Jessica Vela y Yhon Soncco. La inspección técnica se realizó el 04 de febrero del 2020.

1.1 Metodología de trabajo

La metodología para la elaboración del presente, consta básicamente de recopilación bibliográfica, trabajos de campo y gabinete, los cuales se describen a continuación:

1.1.1. Recopilación bibliográfica y trabajos de gabinete

Recopilación de recursos bibliográficos de estudios anteriores realizados en la zona de estudio. Se elaboraron mapas de fotointerpretación, para ello se utilizaron imágenes satelitales.

1.1.2. Trabajos de campo

El trabajo de campo se realizó el día 04 de febrero del 2020. Se hizo la toma de datos de las características geológicas y geomorfológicas del sector.

1.1.3. Trabajo de gabinete

Los trabajos realizados en esta etapa consistieron en elaborar mapas geológicos y de peligros geológicos para la zona de estudio. Los trabajos culminaron con la redacción del informe técnico.

1.2 Objetivos

- Identificar y evaluar el peligro geológico que afecta o que puedan afectar a la zona evaluada.
- Recomendar medidas de prevención, reducción y mitigación ante los peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

2. GENERALIDADES

2.1 Ubicación y accesibilidad

La IE 40390 Mayta Cápac cuenta con dos locales, ubicados en el distrito de Maca, provincia Caylloma, Región Arequipa; en las coordenadas UTM, WG184, Zona 19 sur (tabla 1, figura 1).

Tabla 1: Coordenadas de ubicación de los locales consultados.

Coordenada UTM	Este	Norte
Local de Primaria	203981	8268520
Local de Secundaria	203444	8268813

La zona es accesible por la carretera asfaltada Arequipa - Chivay (capital de la provincia Caylloma) – Maca (tabla 2, figura 2).

Tabla 2: Distancia y tipo de vía para acceder al sector consultado.

Tramo		Km.	Tipo de vía	Duración
Arequipa	Chivay	163	asfaltada	3h 06 min
Chivay	Maca	23	asfaltada	22 min

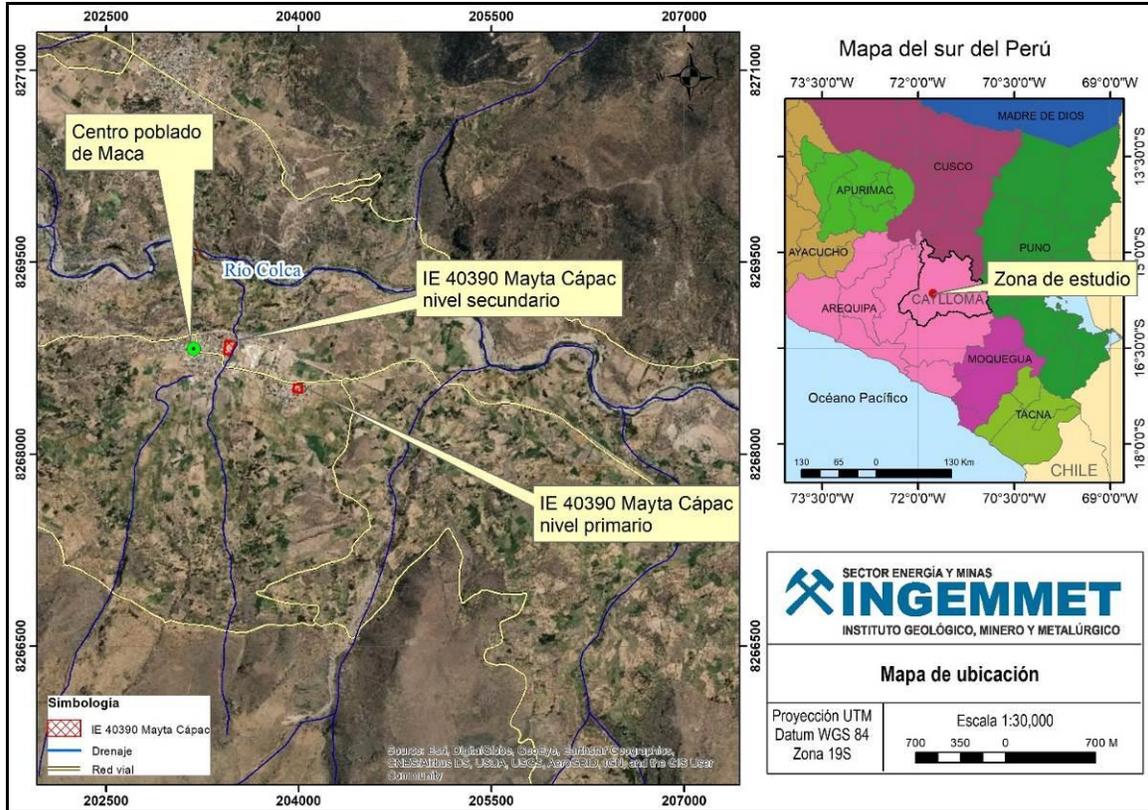


Figura 1. Mapa de ubicación de la IE 40390 Mayta Cápac, en el distrito de Maca.



Figura 2. Ruta de acceso desde Arequipa hasta Maca.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del sector de Maca a escala 1/25,000, según Mariño, et al. (2011) (figura 3), así como los trabajos realizados por Klinck & Palacios (1985) y Quispesivana & Navarro (2001), de la Carta Geológica Nacional, indican que la IE 40390 Mayta Cápac se encuentra asentado sobre afloramientos de depósitos de avalanchas de rocas provenientes del volcán Hualca Hualca (figura 3).

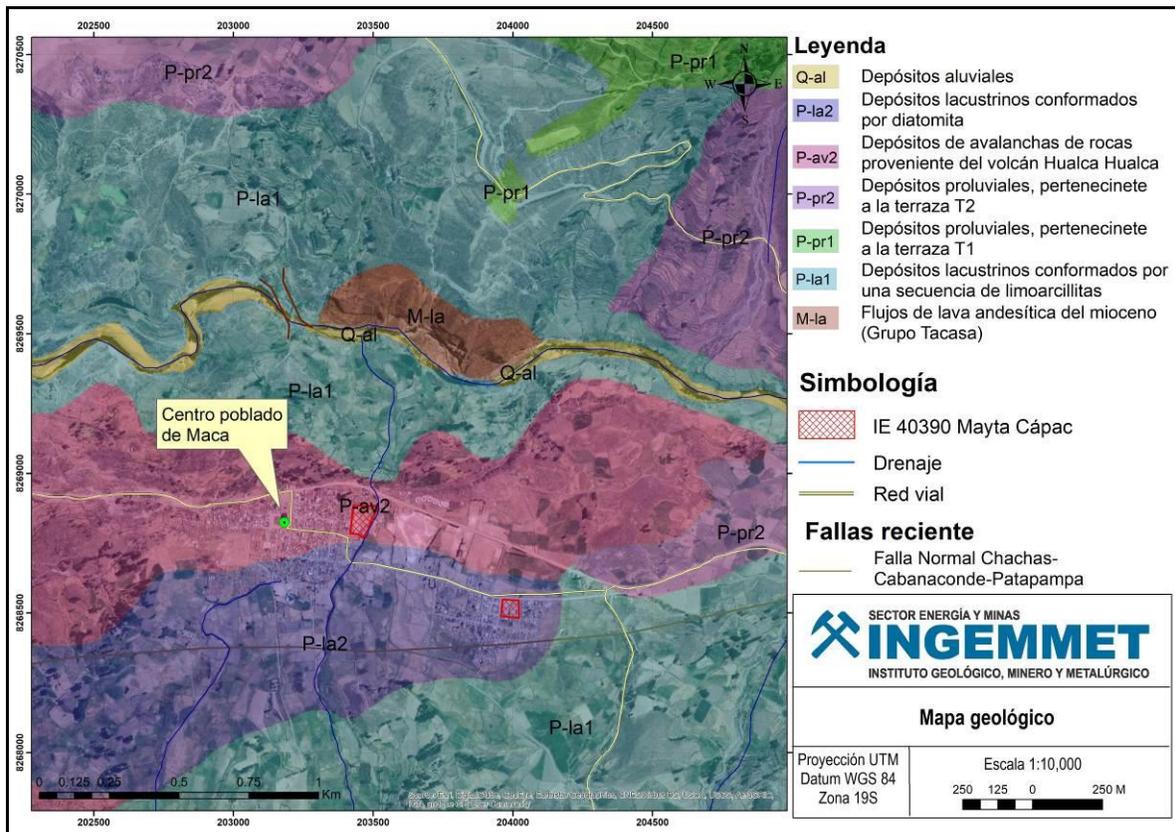


Figura 3. Mapa geológico de la zona de estudio, en el distrito de Maca (Mariño, et al., 2011).

3.1 Grupo Tacaza (M-la)

Es una secuencia de flujos de lava andesítica dispuestos sub horizontalmente, presenta coloración gris verdoso, se aprecian superficies de pendiente fuerte a moderadas, este afloramiento se ubica al noreste del centro poblado de Maca, en la margen derecha del río Colca.

Estos depósitos se generaron durante el levantamiento tectónico y la intensa actividad tectónica en todo el sur del Perú, siendo correlacionados con rocas del grupo Tacaza, por ser de un periodo de intensa actividad volcánica ocurrida durante el Mioceno, entre 23 y 13 Ma (Thouret, et al., 2007; Thouret, et al., 2008).

3.2 Formación Colca (P-la1)

Son depósitos lacustres compuestos por intercalaciones de limoarcillitas con niveles delgados de areniscas finas de color pardo, con espesor promedio de 30 m. Hacia el tope se observan niveles de conglomerados polimícticos con diámetros de clastos que varían entre 1 a 5 cm de espesor.

Estos depósitos se pueden observar al norte del centro poblado de Maca, así como también al sur. La edad atribuida es mayor a 0.61 Ma, ya que estos depósitos no están datados, pero se hallan debajo de flujos de lava datados (Klinck et al., 1986).

3.3 Depósitos proluviales (P-pr1, P-pr2)

Conformados por secuencia de depósitos proluviales intercalados con niveles aluviales, estas secuencias están compuestas por conglomerados y areniscas de ambiente continental; además, están dispuestas en forma de abanicos emplazados por las quebradas que drenan al río Colca, se observan al este del poblado de Maca y en la margen derecha del río Colca.

3.4 Depósitos de avalanchas de rocas de Maca (P-av2)

La IE40390 Mayta Cápac local del nivel secundario, se encuentra asentado sobre estos depósitos. La avalancha de escombros tiene dirección de flujo hacia el noreste, conformada por fragmentos no consolidados de litología heterogénea y tamaños heterométricos, que son mayormente lavas andesíticas de clastos angulosos a sub angulosos englobados por una matriz limo-arcillosa.

Este depósito se observa mayormente en la quebrada Japo, que fue por donde recorrió el flujo y alcanzó el sector oeste del centro poblado de Maca en el pleistoceno.

3.5 Depósito lacustrino de Diatomita (P-la2)

La IE40390 Mayta Cápac local del nivel primario, se encuentra sobre estos depósitos. Los depósitos lacustrinos se encuentran ubicados cerca al cementerio y alrededores de la antigua Maca, compuesto de diatomita de coloración blanquecina de 3 metros de espesor. Este depósito se origina en ambiente lacustre muy tranquilo de poca profundidad y con actividad volcánica explosiva importante, que provee de sílice para la proliferación de diatomeas.

3.6 Depósitos aluviales (Q-al)

Conformado por arenas, gravas y bloques formando terrazas, los bloques se presentan redondeados, subredondeados y subangulosos, así mismo se ubican a lo largo y en ambas márgenes del río Colca (figura 4).



Figura 4. Depósitos lacustrinos a 450 metros del IE40390 Mayta Cápac. Se puede apreciar los depósitos de diatomita (p-la2) que descansa sobre la secuencia de depósitos de limoarcillitas (P-la1).

4. ASPECTOS GEOMORFÓLOGICOS

La geomorfología del área de estudio, comprende unidad de piedemonte, unidad de planicie y unidad de montaña. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas que afloran en el área de estudio (figura 5).

4.1 Unidad de piedemonte

Corresponde a aquellas geoformas de pendientes inclinadas con acumulaciones de material detrítico, siendo identificable por su característica de rupturas o cambios bruscos de pendiente (Zavala et al., 2009).

Subunidad vertiente o piedemonte coluvio-deluvial

La IE40390 Mayta Cápac se encuentra sobre esta unidad geomorfológica (figura 6). Esta geoforma presenta una composición homogénea, con una morfología cóncava por procesos de erosión; su forma tiene una disposición semicircular a elongada. Al sur de Maca se aprecian acumulaciones de materiales originados por procesos de movimientos en masa antiguos; también al oeste del centro poblado de Maca se aprecia una avalancha de rocas proveniente del volcán Hualca Hualca.

Subunidad vertiente con depósito de deslizamiento

Se presentan con relieves de cierta pendiente y superficies de planas a levemente inclinadas, son originados por deslizamientos antiguos y recientes, constituidos por depósitos coluvio-deluviales.

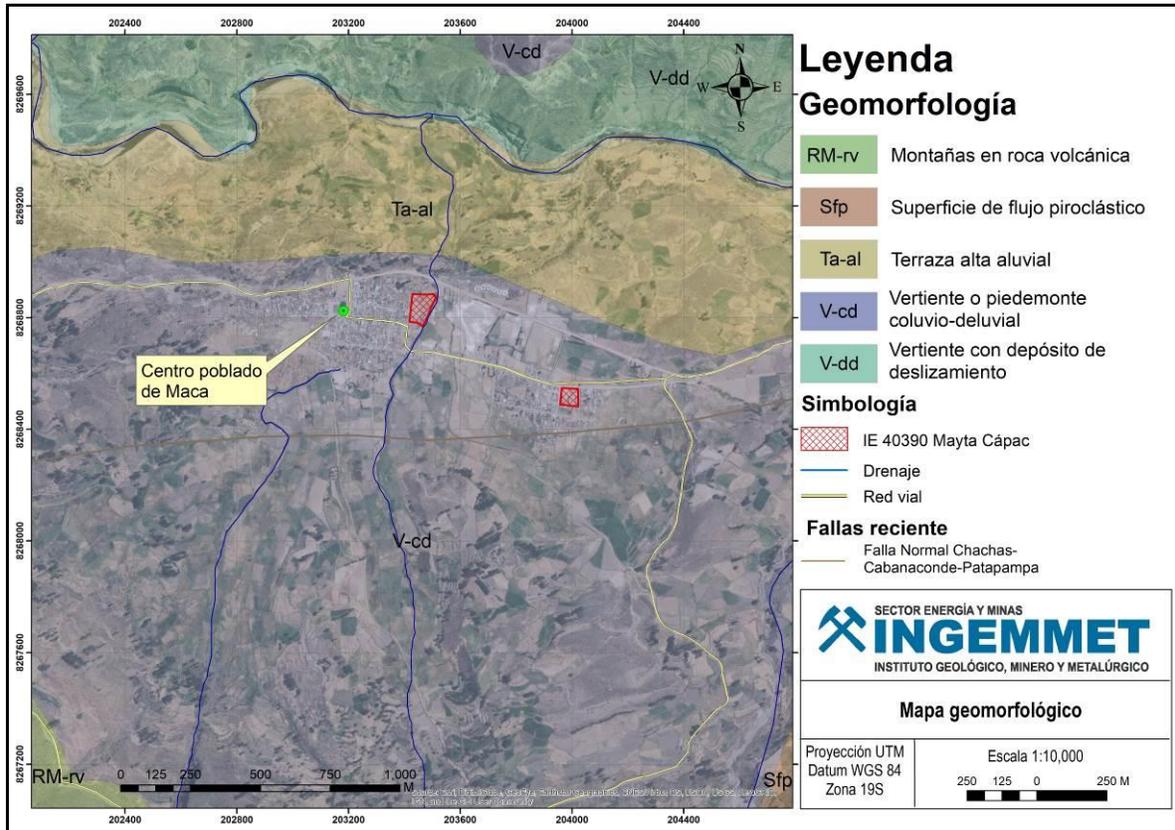


Figura 5. Mapa de subunidades geomorfológicas de la zona de estudio, en el distrito de Maca (INGEMMET 2017).

4.2 Unidad de Planicie

Son geformas asociadas a depósitos coluviales, aluviales, limitados por depósitos de piedemonte o ladera de montaña, identificados por presentar pendientes bajas a llanas.

Subunidad de terraza alta aluvial

Son terrenos con pendientes bajas a subhorizontales, se encuentran a mayor altura que las terrazas bajas y el cauce del río Colca, dispuestos a los costados de la llanura de inundación, representan niveles antiguos inconsolidados de materiales aluviales, con procesos erosivos como consecuencia de la profundización del valle como los deslizamientos de la zona.

4.3 Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968).

Subunidad de montaña en roca volcánica

Esta geoforma litológicamente se compone de rocas volcánicas conformada por flujos de lava andesítica del volcán Hualca Hualca (Grupo Barroso) e ignimbritas dacíticas a riolíticas del Grupo Tacaza, presenta laderas con pendientes altas y se ubica al sur a poco más de 2 km del centro poblado de Maca.

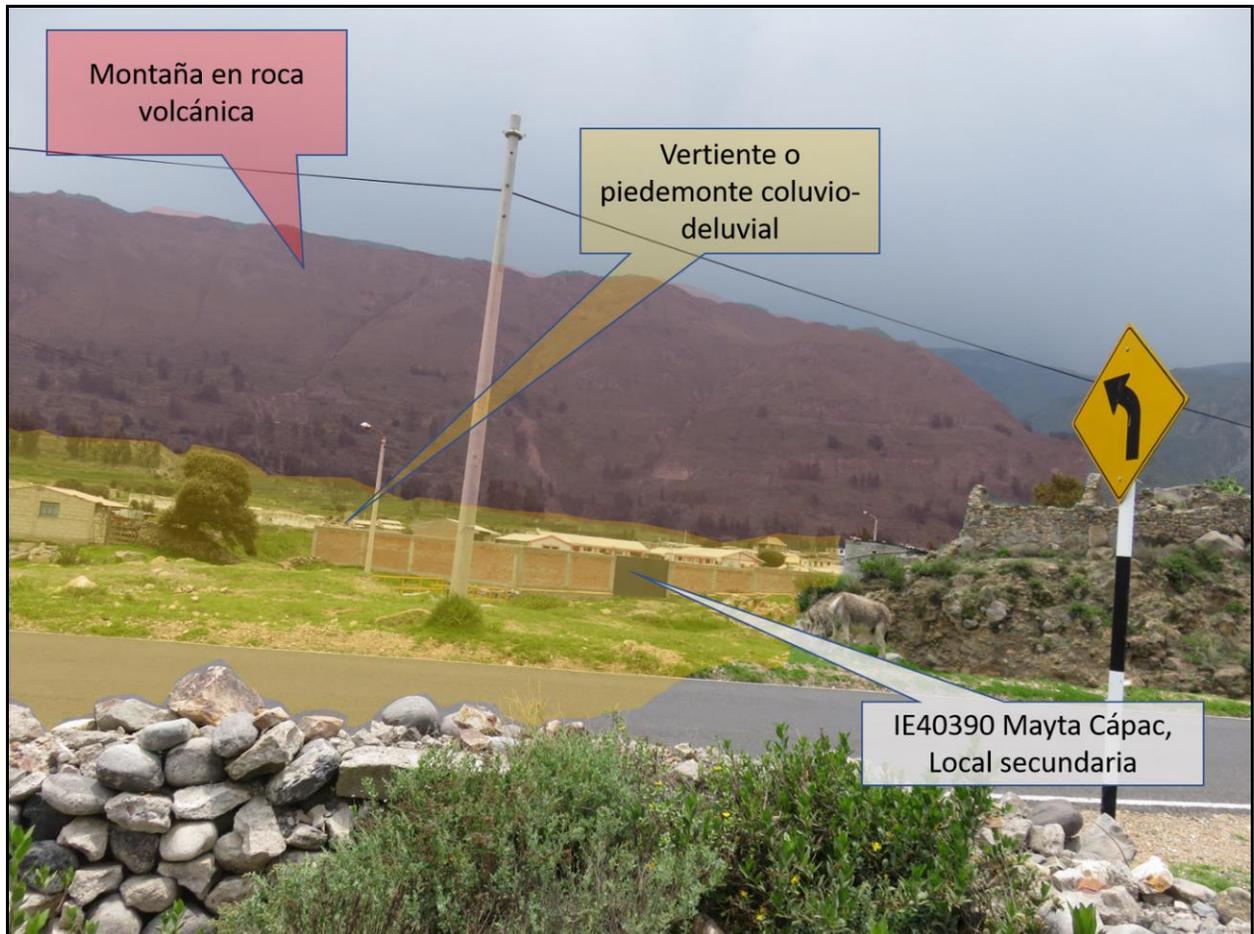


Figura 6. Muestra la vía que conecta el distrito de Maca con Chivay. También se aprecia el colegio Mayta Cápac, local de secundaria, ubicado en la subunidad de vertiente coluvio-deluvial y en la parte del fondo se observa la unidad de montaña en roca volcánica.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos que podrían afectar a la IE 40390 Mayta Cápac, son hundimientos del suelo, además del deslizamiento rotacional activo de Maca.

Los hundimientos se pueden generar por la presencia de agua superficial existente sumado al tipo de suelo. A espaldas del colegio local de secundaria, se observa que pasa un canal de agua; además, en el local de primaria se evidencia suelos lacustrinos. También los hundimientos se pueden generar por las deformaciones gravitacionales profundas ya que los locales del colegio en mención están cerca al deslizamiento de Maca.

El deslizamiento presenta grietas retrogresivas en dirección al pueblo de Maca y podría afectar a la IE 40390, principalmente al local del nivel secundario que se encuentra a solo 50 metros de la escarpa principal (figura 7).

Las escarpas principales del deslizamiento tienen saltos mayores a 2 m de altura. Las escarpas secundarias están dentro de la masa del deslizamiento con saltos entre 1 y 2 m (Informe Técnico N° A6736 titulado “Peligros Geológicos en Maca”).

Cabe señalar que al sur de Maca también se observan escarpas de deslizamientos muy antiguos (figura 8).

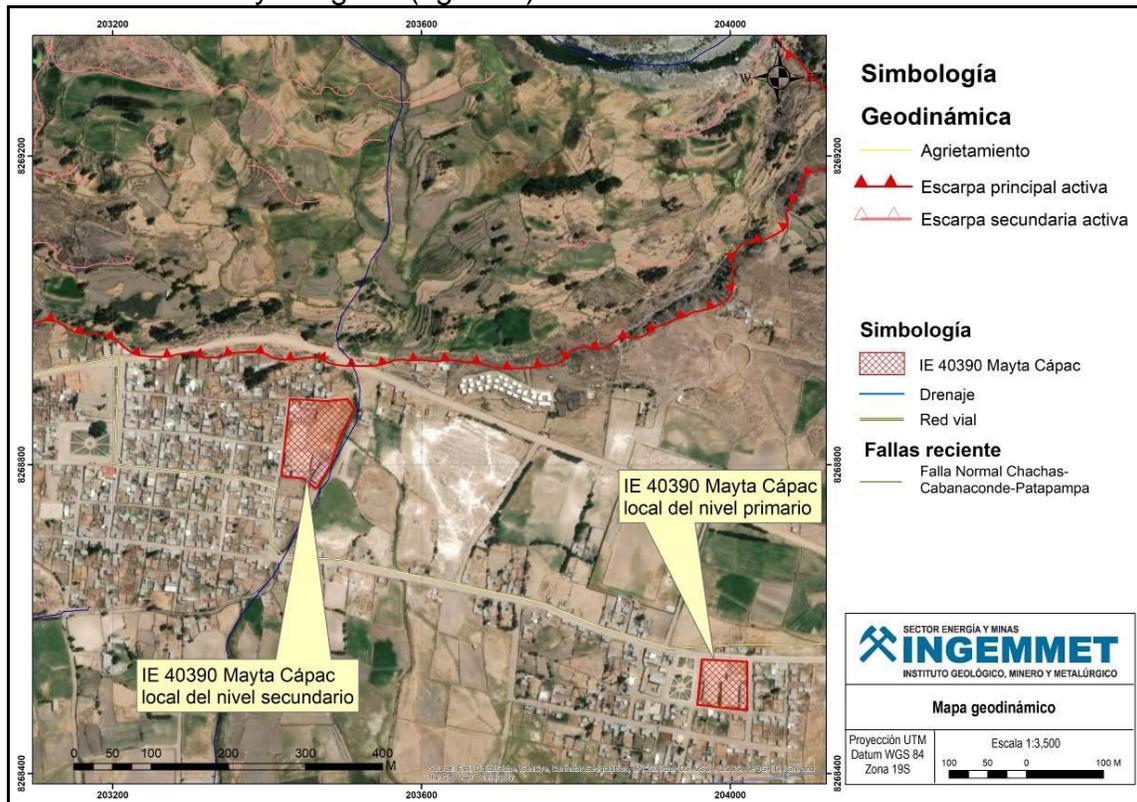


Figura 7. Muestra los principales sistemas de escarpas y agrietamientos del deslizamiento de Maca a la altura de la IE 40390 Mayta Cápac. Las escarpas principales corresponden a deslizamiento con saltos mayores a 2 m de altura.

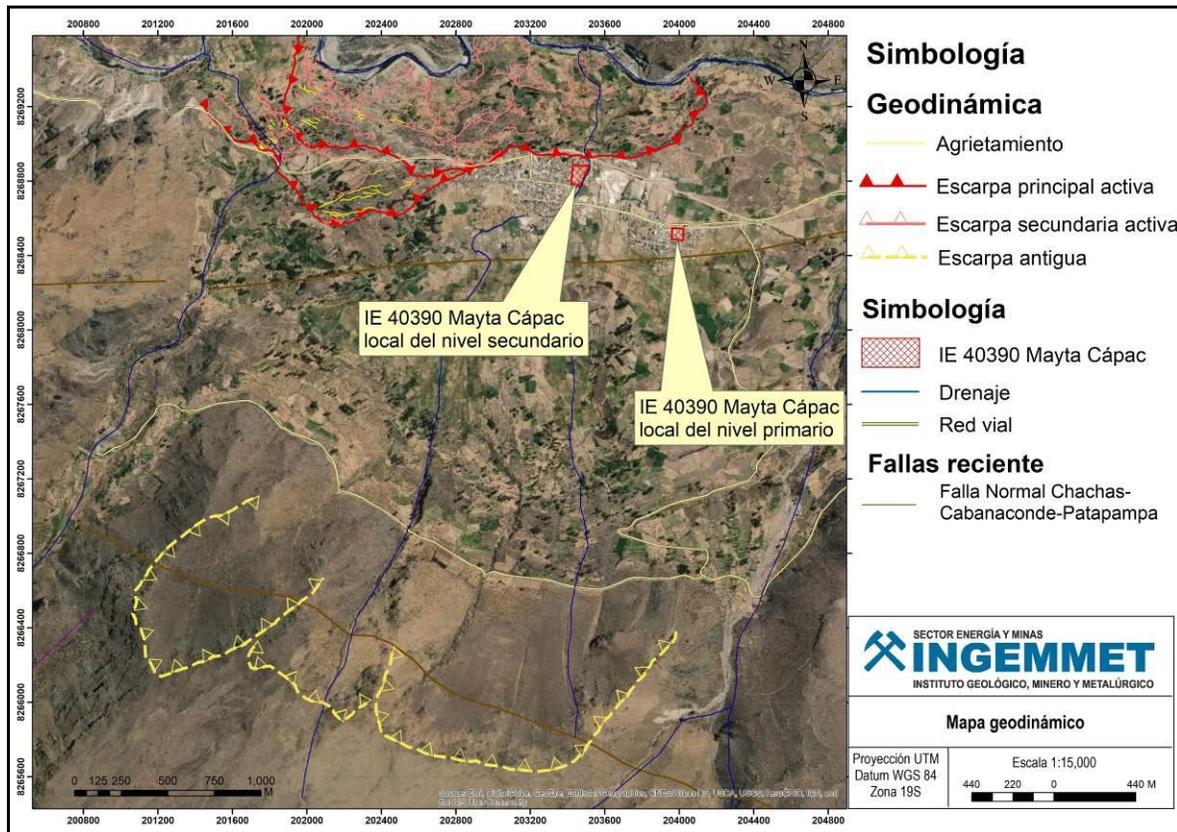


Figura 8. Muestra escarpas de deslizamientos muy antiguos.

Se evaluó los dos locales de la IE 40390 Mayta Cápac (nivel primario y secundario). En ambos locales se observó grietas milimétricas a centimétricas en los pisos de las losas deportivas, así como en algunas paredes de las aulas (figura 9 y 10). Las grietas en las paredes de las aulas son anchas en la base y delgadas hacia el techo. En la base las aberturas tienen hasta 1 cm y en el techo tienen hasta 0.5 cm. Esta podría indicar una distensión en el suelo por el aumento de peso de la construcción en el suelo o por movimientos relacionados al deslizamiento. Es importante mencionar que no se encontró grietas en el suelo o alguna evidencia de movimientos en masa considerables.



Figura 9. Se aprecia una rajadura en el muro del centro de cómputo de la IE 40390 Mayta Cápac, local del nivel secundario.



Figura 10. Se aprecia una rajadura de base ancha y delgada hacia el techo, en el muro de la IE 40390 Mayta Cápac, local del nivel primario.

De acuerdo al informe técnico N° A6736 “Peligros Geológicos en Maca” (diciembre, 2016), efectuados por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, el mapa de peligrosidad de movimientos en masa, indica que la IE 40390 Mayta Cápac se encuentra ubicado en “peligro medio” por lo que esta zona puede ser incorporada al deslizamiento por la acción de un desencadenante externo, pudiendo ser el caso un sismo de regular intensidad. Este sector presenta una tasa de movimientos menores a 1 cm por año, sin embargo, esta condición podría cambiar al incrementarse el agua de infiltración en el terreno o por un fenómeno de lluvias extremas (Valderrama et al. 2016) (figura 11).

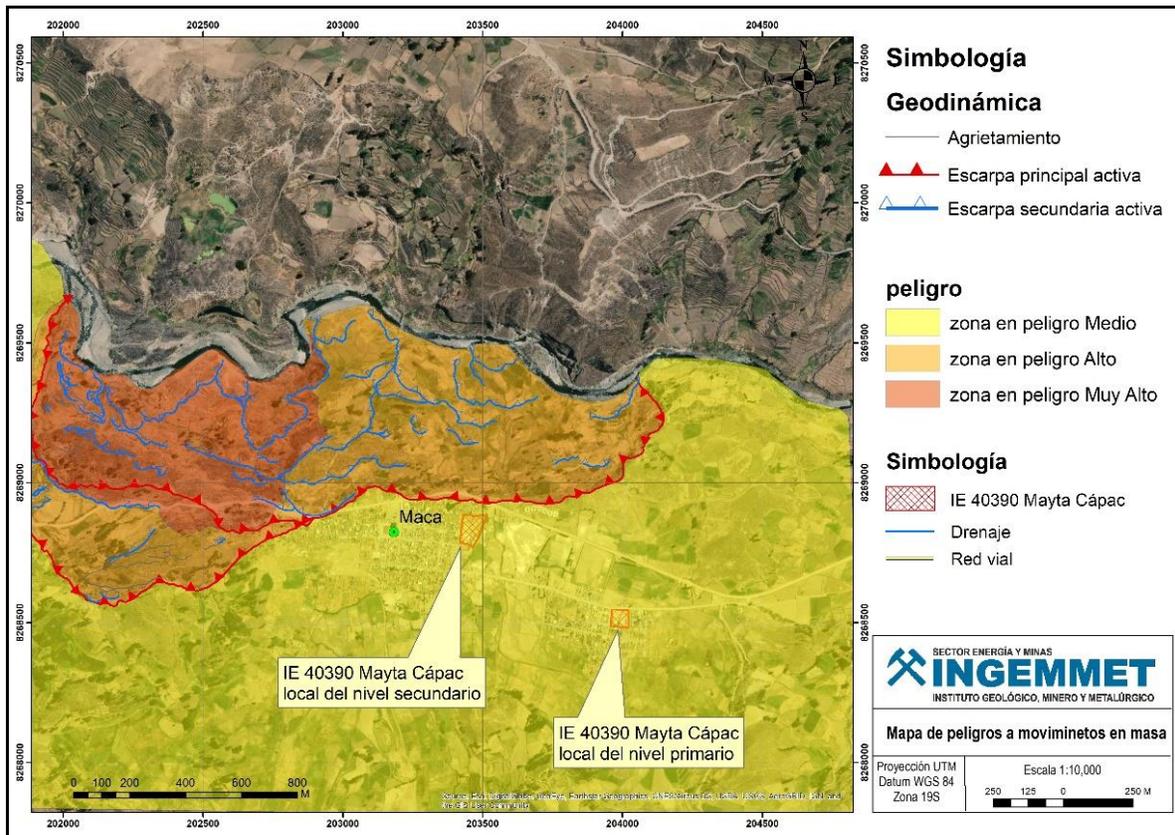


Figura 11. Se observa la ubicación de la IE 40390 Mayta Cápac dentro del mapa de peligrosidad por movimientos en masa del sector de Maca, extraído del Informe Técnico N° A6736 titulado “Peligros Geológicos en Maca” (diciembre, 2016), elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET.

Así mismo, de acuerdo al mapa por peligros múltiples (peligros por movimientos en masa y sísmicos), indica que la IE 40390 Mayta Cápac, se encuentra en peligro alto por lo que podría ser afectada tanto por deslizamientos activos como por procesos asociados a un sismo: licuación de suelos, agrietamientos de terrenos, derrumbes, hundimientos, etc. (Valderrama et al. 2016) (figura 12).

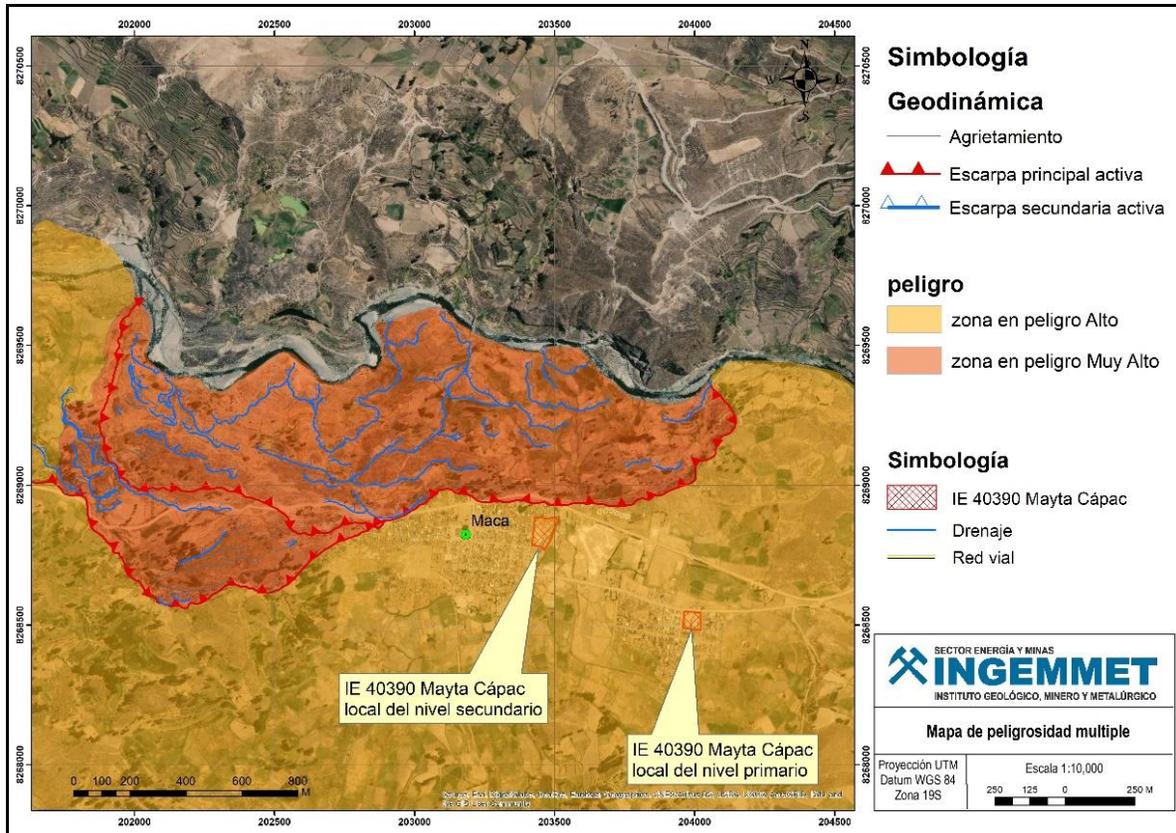


Figura 12. Se observa la ubicación de la IE 40390 Mayta Cápac dentro del mapa de peligrosidad múltiple del sector de Maca, extraído del Informe Técnico N° A6736 titulado “Peligros Geológicos en Maca” (diciembre, 2016), elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGENMET.

Factores condicionantes

- Los suelos en la zona evaluada son poco compactos, de mala calidad, como los depósitos lacustres y de avalanchas de rocas, que son los que se observan en los locales de la IE 40390; este factor condiciona bastante a que ocurran deslizamientos.
- Presencia de un deslizamiento activo (deslizamiento rotacional de Maca) junto al centro poblado; se considera como un factor condicionante importante para la ocurrencia de nuevos deslizamientos; la escarpa cercana al colegio presenta laderas con pendientes abruptas, una altura 15 m y se ubica a una distancia de 50 m aproximadamente.
- El corte de taludes y de suelo realizados sin acompañamiento técnico para construcción de viviendas hace más frágil al suelo, acelerando la erosión e infiltración de agua al terreno.
- La tectónica de la zona como es la falla Chachas – Cabanaconde que pasa al sur del centro poblado Maca, indica el fracturamiento del sustrato rocoso y la

susceptibilidad del sector, siendo un factor que condiciona la fragilidad del suelo.

Factores desencadenantes

- Las precipitaciones pluviales continuas que se puedan presentar en el sector de Maca, pueden saturar el suelo al punto de generar nuevos colapsos del mismo.
- Los campos de cultivo sin tecnificación en sus sistemas de riego (actualmente el regadío en este sector es por gravedad), puede desencadenar deslizamientos, por saturación del suelo con grandes cantidades de agua.
- Los sismos que se producen en el sector, pueden desencadenar deslizamientos; el suelo pierde estabilidad por acción de la aceleración que sufre.

6. SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO DE MACA MEDIANTE ESTACIONES GNSS PERMANENTES

MONITOREO GNSS PERMANENTE

Las series temporales del comportamiento del deslizamiento de Maca durante la ventana de tiempo (2018 a febrero de 2020), evidencian que la magnitud y velocidad del desplazamiento no presenta un comportamiento constante, se observan variaciones muy marcadas en la estación MAD3 y MAD1, probablemente influenciados directamente por la alta tasa de precipitaciones dada en los periodos de lluvia, y sumado a ello la alta tasa de ocurrencia de sismos las cuales están representados por líneas rojas verticales (figura 14 y 15), mientras en la estación MADM la serie temporal evidencia estabilidad.

Al correlacionar estas variables podemos diferenciar 2 periodos distintos con respecto al comportamiento del deslizamiento de Maca frente a la precipitación y a los sismos, para lo cual analizaremos el periodo comprendido entre el 2018 a febrero de 2020.

- a. El análisis de las velocidades de desplazamiento obtenido para las tres estaciones presentan periodos de alta velocidad de desplazamiento, estas se observan en la estación MAD3 experimentado una mayor tasa velocidad respecto a las demás estaciones (MADM y MAD1, figura 13 y 14), por lo que dicha estación permitió diferenciar hasta dos periodos; el primer periodo está definido desde junio a setiembre del 2018, su velocidad para la componente Este fue de 0.36 m/año y la componente Norte 1 m/año, el segundo periodo está definido entre marzo a junio del 2019, con una velocidad para la componente Este de -0.19 m/año y la componente Norte de 2 m/año. Los sismos registrados entre mayo y junio del 2019 (6 sismos),

con magnitudes mayores a 4ML, no han mostrado un efecto directo al deslizamiento. Para el mes de junio a febrero del 2020 la velocidad de desplazamiento disminuyó hasta alcanzar una velocidad de 9 cm/año.

- b. En el deslizamiento de Maca se han registrado hasta 2 periodos de subsidencia (hundimiento) muy marcados, observado en la estación MAD3 y MAD1 (figura 13 y 15), este primer periodo comprende entre marzo a noviembre del 2018 registrando un hundimiento de 0.34 m/año, la tasa de precipitaciones entre enero a marzo para este periodo fue de 25 mm, mientras la estación MAD1 registro aproximadamente de 0.20 m/año, el segundo periodo que va desde febrero a junio del 2019 ha registrado una menor tasa de hundimiento observado en la estación MAD3 de entre 0.60 m/año mientras en la estación MAD1 fue de 10 cm/año, podemos observar que las precipitaciones durante diciembre a marzo del 2019 fue de 27 mm.

Estos resultados del análisis de las series temporales de las estaciones de monitoreo mediante GNSS, evidencian claramente un comportamiento temporal del deslizamiento de Maca, así mismo se ha observado un periodo muy marcado a los periodos lluviosos registrados en el valle del Colca, lo que evidencia la existencia de una estrecha relación de la aceleración vs la tasa de infiltración y saturación de la masa del cuerpo del deslizamiento.

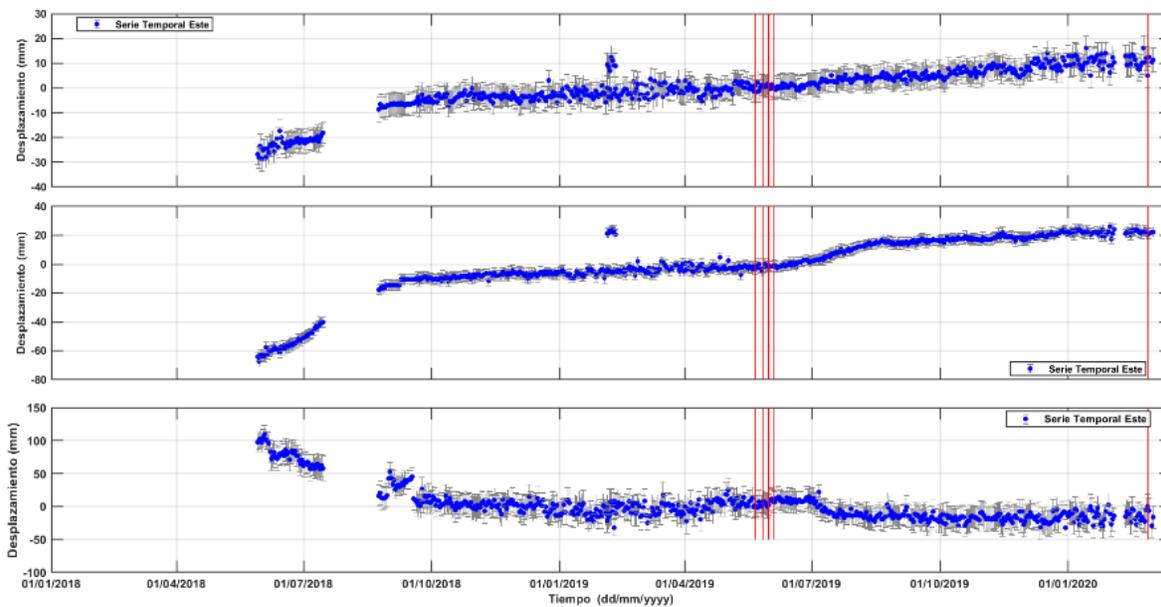


Figura 13. Serie temporal correspondiente a la estación GNSS permanente MAD1.

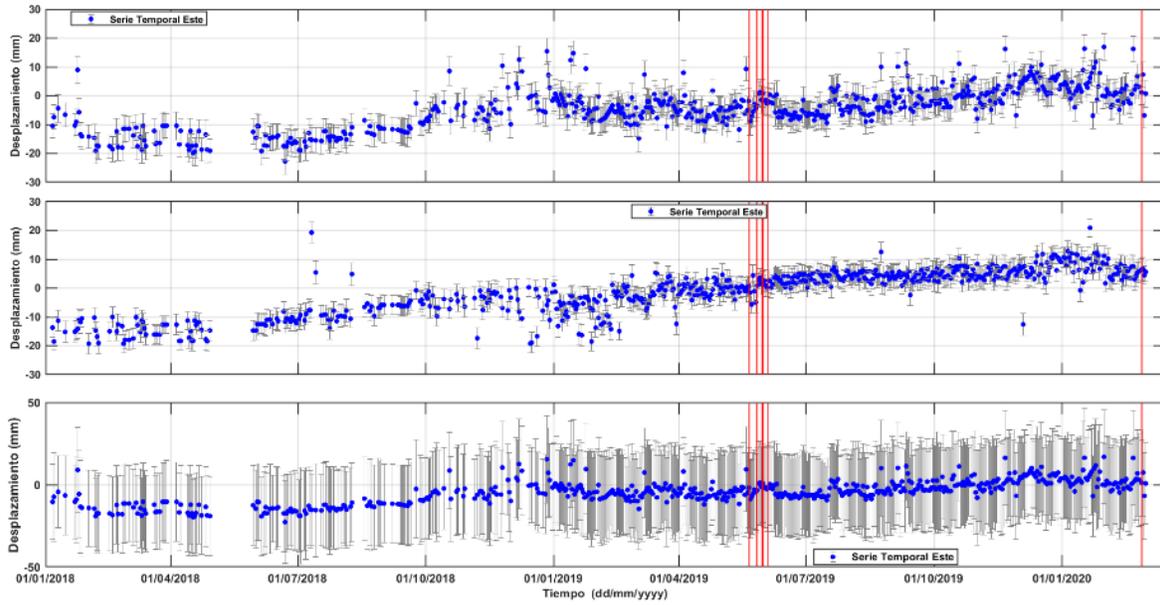


Figura 14. Serie temporal correspondiente a la estación GNSS permanente MADM.

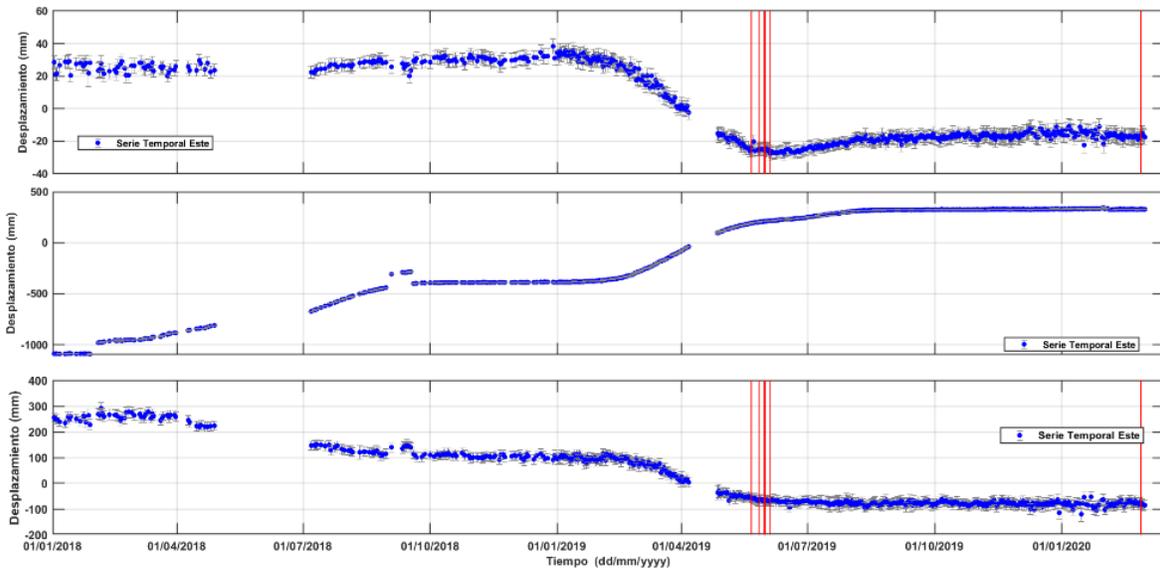


Figura 15. Serie temporal correspondiente a la estación GNSS permanente MAD3.

CONCLUSIONES

1. La IE40390 Mayta Cápac local del nivel secundario, se localiza sobre depósitos de avalancha de escombros, conformada por fragmentos no consolidados de litología heterogénea y tamaños heterométricos. Además, el nivel primario se encuentra sobre depósitos lacustrinos, compuesto de diatomita de coloración blanquecina de 3 metros de espesor. Estos depósitos poseen malas características geológicas, geotécnicas y son susceptibles a ser afectados por procesos de movimientos en masa, tales como hundimientos, deslizamientos y derrumbes.
2. La IE 40390 Mayta Cápac del nivel secundario es susceptible a ser afectado por hundimiento y deslizamiento de Maca. Este último evento presenta grietas retrogresivas en dirección al pueblo de Maca y podría afectar al local del nivel secundario, que se encuentra a 50 metros de la escarpa principal. **Se le considera como de peligro alto.**
3. La IE 40390 Mayta Cápac del nivel primario puede ser afectado por procesos asociados a licuefacción de suelos, agrietamientos de terrenos y hundimientos, en caso de presentarse un sismo. **Se considera como de peligro alto.**
4. El monitoreo continuo y permanente al deslizamiento de Maca mediante la técnica geodésica satelital, para periodo de evaluación entre 2018 a febrero del 2020, evidencia que tiene un comportamiento activo definido en el sector noreste del deslizamiento, con altos valores de desplazamiento de hasta 0.6 m/año de hundimiento.

RECOMENDACIONES

1. Evitar realizar construcciones en la IE 40390 Mayta Cápac, especialmente en el nivel secundario, porque se encuentra a solo 50 m de la escarpa principal del deslizamiento de Maca.
2. Para el local de secundaria de la IE 40390 Mayta Cápac, se debe realizar la impermeabilización del canal que pasa a espaldas del local, con la finalidad de evitar la infiltración de agua a la infraestructura del colegio.
3. Se debe continuar usando el mapa de peligrosidad por movimientos en masa y de peligrosidad múltiple del informe técnico N° A6736 "Peligros Geológicos en Maca". Estos mapas sirven como herramienta de gestión para la prevención de desastres.
4. Realizar un plan de contingencia de la IE 40390 Mayta Cápac, en caso se presenten manifestaciones de asentamientos en el terreno por avance retrogresivo del deslizamiento.
5. Para el deslizamiento de Maca deben seguir las recomendaciones vertidas en el informe técnico N°A6628 "Evaluación de la seguridad física del distrito de Maca" en la cual se determinó la reubicación del pueblo de Maca o la implementación de medidas de mitigación del riesgo, a fin de lograr un nivel de riesgo aceptable en el área. Algunas de las medidas de mitigación son:
 - a) Implementación de drenaje del agua subterránea en toda el área (poblados, campiña y deslizamiento).
 - b) Impermeabilización de canales de irrigación y estanques.
 - c) Forestación de la margen izquierda del río Colca y zona de deslizamiento.
 - d) Proteger (con gaviones) los sectores propensos a la erosión en el pie del deslizamiento.
 - e) Realizar la microzonificación sísmica y estudios de mecánica de suelos del área de Maca, entre otras.

Jessica Carolina Vela Valdez
Ingeniera Geóloga
CIP N° 215198

César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

BIBLIOGRAFÍA

Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). Landslide Types and Processes. "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247 Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

FAO (1967). La erosión del suelo por el agua. Cuadernos de fomento agropecuario. N° 81 Roma, 207 p.

INGEMMET. (2017). Mapa Geomorfológico del Distrito de Tomaykichua. Recuperado de <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

Miranda R., Taipe E., Diaz J. & Araujo G. (2016). Monitoreo de deformación del deslizamiento de Maca con scanner LiDAR, periodo 2015-2016, INGEMMET - Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico, 2016,10p

Taipe E.; Miranda R.; Araujo. G. & Diaz J. (2016). Monitoreo de deformación del deslizamiento de Maca - periodo 2015-2016, INGEMMET - Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico, 2016, 10p

THOURET, J.-C., MAMANI, M., WÖRNER, G., PAQUEREAU-LEBTI, P., GERBE, M.-C., DELACOUR, A., RIVERA, M., CACYA, L., MARIÑO, J., SINGER, B. (2008) – Neogene ignimbrites and volcanic edifices in southern Peru: Stratigraphy and time-volume-composition relationships. 7th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2008, Nice), Extended Abstracts: 545-548.

THOURET, J.C., WÖRNER G., GUNNELL Y., SINGER B., ZHANG X., SOURIOT T. (2007) - Geochronologic and stratigraphic constraints on canyon incision and Miocene uplift of the Central Andes in Peru. Earth Plan. Sci. Letters, 263: 151-166.

Zavala B, Mario 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 Z., 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