



Deslizamiento en la ruta provincial Nº 173, Cañón del Atuel, provincia de Mendoza

Landslide at the provincial route Nº 173, Cañón del Atuel, Mendoza province

Sales, Daniel A.¹ ✉ - Gardini, Carlos E.^{1,2} - Cisneros, Héctor A.¹

Recibido: 12 de Julio de 2012 • Aceptado: 12 de Julio de 2013

Resumen

La ruta provincial Nº 173 que atraviesa el cañón del Atuel posee en su inicio austral un deslizamiento que afecta a la zona de caracoles y se desarrolla en un macizo rocoso compuesto por una alternancia de areniscas competentes y bancos pelíticos de edad Carbonífera con escasa resistencia.

El continuo movimiento de la masa crítica es provocado por un asentamiento por rotura circular, generando un intenso grado de deformación con grietas tensionales y escarpas secundarias que se pueden observar tanto en la traza vial luego de cada lluvia y en los taludes involucrados.

El deslizamiento tiene un largo máximo de 210 m en dirección NNO a SSE y un ancho promedio de 80 m; fue generado por eventos múltiples y sucesivos, mientras que la distribución de la actividad es claramente confinada y alargada en dirección SSE. El volumen de la masa inestable es de 63.500 m³ aproximadamente y el factor de seguridad de la superficie más inestable generada a partir del análisis residual del deslizamiento mediante el método de Bishop y Janbu Simplificado dio un valor de "0,9".

Los reiterados asentamientos registrados en la traza vial, generalmente relacionado a las precipitaciones pluviales estivales, afectan al tránsito vinculado a la actividad turística de la región y de quienes trabajan en las centrales hidroeléctricas sobre el río Atuel. El sector de estudio se encuentra en permanente inestabilidad con un elevado riesgo de caída de la ladera donde se encuentra el camino.

Palabras claves: Deslizamiento - Macizo rocoso - rotura circular - Análisis de estabilidad.

Abstract

The Provincial Route 173 that runs through the Atuel canyon has in the austral beginning a landslide that affects the area of snails developed into a massif rock composed by alternating competent sandstones and pelitic banks Carboniferous with low resistance.

1. Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950, (5700) San Luis

✉ sales@unsl.edu.ar

2. CONICET

The continuous movement of the critical mass is caused by landslide of circular breakage, generating intense deformation

degree of tension cracks and secondary scarps that can be observed both in the road trace after each rain and on the taluses involved.

The landslide has a maximum length of 210 m NNW to SSE direction with an average width of 80 m and was generated by multiple and successive events, while the distribution of activity is clearly confined and elongated in SSE direction. The volume of the unstable mass is approximately 63,500 m³ and the safety factor of the unstable surface generated from residual sliding analysis by the method of Bishop and Janbu simplified gave a value of "0.9".

Repeated landslides recorded in the trace of road, usually related to summer rainfall, affecting the transit linked to tourism in the region and those involved in hydroelectric power plants on the river Atuel. The area of study is in constant instability with a high risk of falling from the hillside where the road is.

Keywords: *Landslide, Rock Massif-Circular Fault - Stability analysis.*

INTRODUCCIÓN

El estudio consiste en la descripción y caracterización del área inestable generada por un incipiente deslizamiento situado a 4 km al NE de la localidad El Nihuil en el Departamento de San Rafael, donde la ruta provincial N° 173 desciende en trazo zigzagueante a través de cinco descensos (zona de caracoles) hacia el cañón del Atuel (coordenadas 35° 00' 10" Lat. S. y 68° 38' 28" Long. O) (Figura 1).

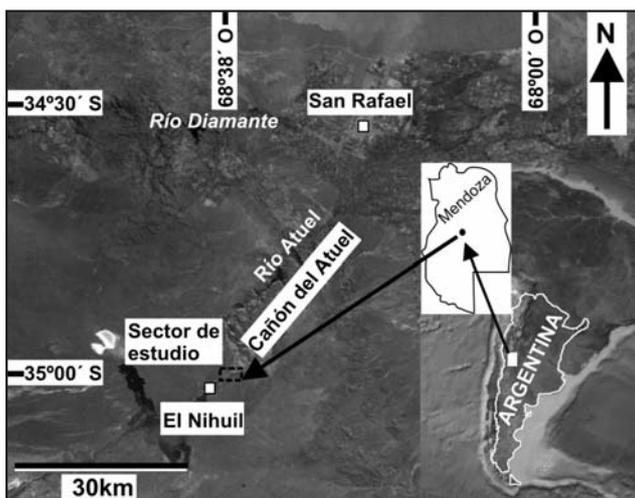


Figura 1. Mapa ubicación del sector de estudio (imagen tomada y modificada de Google Earth).

En este sector, el terreno sufre reiterados asentamientos que afecta al tránsito del camino relacionado principalmente a la actividad turística de la región y de quienes trabajan en las centrales hidroeléctricas sobre el río Atuel.

El Bloque de San Rafael se caracteriza por estar representado por una espesa secuencia de rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas que afloran a ambos márgenes del río Atuel. Comienza la secuencia litológica con afloramientos de rocas precámbricas sin base conocida y se encuentra cubierta discordantemente por rocas ígneas efusivas de edad paleozoica y cenozoica.

El rumbo general de las estructuras es noroeste - sudeste, coincidente con una antigua franja de fracturación paleozoica y está integrada por elevaciones pobres limitadas por depresiones de origen tectónico rellenas por depósitos cenozoicos.

Respecto a la neotectónica local, en este sector se observa la presencia de fallas con comprobada actividad cuaternaria (Cisneros y Bastías, 1993; Costa et al., 2006) que marginan por el Este a la provincia geológica del Bloque de San Rafael. Comparando con el sector septentrional de la provincia de Mendoza, la sismicidad de la zona de estudio puede definirse como baja, destacándose fundamentalmente los temblores del 29 de agosto de 1861 en San Carlos, el del 4 de octubre de 1913 en San Rafael y, el más importante, el del 30 de mayo de 1929 con epicentro en cercanías de las localidades de Villa Atuel-Las Malvinas. Análisis cinemáticos estiman la posibilidad sismogénica de las fallas en el sector de aproximadamente 6.4 Mw (Costa et al., 2006).

La litología predominante en la zona del deslizamiento corresponde a rocas sedimentarias del Carbonífero de la denominada Formación El Imperial (Dessanti, 1956; Sepúlveda et al., 1999), representadas por areniscas con alternancia de bancos pelíticos negros, donde los planos de estratificación se disponen con una actitud de 80°/24° SE, inclinando en la mayoría de las veces a favor de la pendiente. Los afloramientos de areniscas son afectados por diferentes sistemas de fracturas, generando un macizo con avanzado grado de disgregación mecánica, aunque su matriz rocosa es resistente.

METODOLOGÍA

En el sector de estudio se describió el área inestable determinándose la zona de arranque, orientación de los flancos, escarpas y grietas de tracción en la masa inestable. También se realizaron observaciones de los afloramientos de rocas involucrados en el movimiento (tipo de roca, grado alteración, espesores, estructuras, etc.) y sus respuestas a la acción de la masa deslizante.

Se realizó el análisis geomecánico de las discontinuidades según la metodología sugerida por la International Society for Rock Mechanics (ISRM, 1981) para la descripción cuantitativa de macizos rocosos. La resistencia de la matriz rocosa fue estimada a través del martillo de Schmidt, que consiste en obtener el número de rebote de la pared de una discontinuidad y vincularlo con ayuda de un ábaco a la resistencia a la compresión simple.

Los parámetros resistentes de la masa rocosa (cohesión y ángulo de rozamiento interno) para el análisis de estabilidad, fue estimado a partir de la calidad del macizo rocoso utilizando la clasificación geomecánica CSIR (Bieniawski, 1979) a través de la determinación del índice RMR (Rock Mass Rating).

El cálculo del Índice de Calidad RQD (Rock Quality Designation Index) fue estimado en afloramiento a partir de la expresión empírica de *Palmstrom (1975)*, que involucra el total de discontinuidades por metro cúbico (J_v).

$$RQD = 115 - 3.3 J_v \quad (\text{ecuación 1})$$

Para el relevamiento planialtimétrico de detalle de toda el área afectada se utilizó una estación total. Esto contribuyó a la confección del mapa topográfico de toda la superficie inestable y la construcción de un perfil para el análisis de los rasgos topográficos y la geometría del deslizamiento.

Para el modelado de la superficie de rotura más inestable se utilizó el programa PC-Stabl6.0 (*Bandini y Salgado, 1999*) que determina la superficie inferior con menor factor de seguridad.

El cálculo de volumen que compromete el deslizamiento se realizó por el método de la cubicación por malla, que calcula el volumen inestable y con riesgo a deslizarse entre la superficie topográfica y la superficie del plano de rotura estimado que produjo el deslizamiento.

DESCRIPCIÓN DEL DESLIZAMIENTO

El deslizamiento afecta al sector de caracoles de la ruta provincial N° 173, comprometiendo a las cinco bajadas del camino hacia el cañón del Atuel. El constante mejoramiento que le realizan a la traza vial en el sector inestable oculta parcialmente las evidencias de la inestabilidad, las cuales son cada vez

más frecuentes en épocas estivales, principalmente por la acción del agua de lluvia.

Del análisis de los parámetros morfométricos del deslizamiento, este presenta un largo máximo de 210 m en dirección NNO a SSE y un ancho promedio perpendicular de 80 m, donde los flancos se desarrollan en forma paralela en una extensión de 200 metros aproximados desde la zona de arranque hasta la culminación o pie del deslizamiento en la margen occidental del río (Figura 2).

La zona de cabecera del deslizamiento coincide con la primera (1ª) bajada del camino a una cota máxima de 1240 msnm y la culminación de la masa inestable (pie) se encuentra aproximadamente a la cota actual del cauce del río (1160msnm).

El sector de arranque o escarpe principal, se aprecia en la parte superior del talud situado entre la 1ª y 2ª bajada del camino (Figura 2). La cara libre del talud tiene una inclinación de 35° al SE y coincide con la zona de mayor deformación de los depósitos (Figura 3a). En el talud se observa la existencia de 3 bermas a diferentes alturas con un ancho máximo de 1 a 1,5 m que han sido deformadas por las reactivaciones (Figura 3b). En este sitio aflora el plano de rotura del deslizamiento con una actitud de 75°/67° SE (Figura 3c), que genera el desmembramiento del talud con tres resaltos principales en forma escalonada en una longitud de 3 m, producto de movimientos sucesivos. El resalto del sector medio, presenta una cara libre en el labio elevado con un desplazamiento en la vertical que de 0,70 m (Figura 3d) y que continúa hasta 1,40 m de profundidad, generando una grieta de tracción de 0,30 m de abertura.

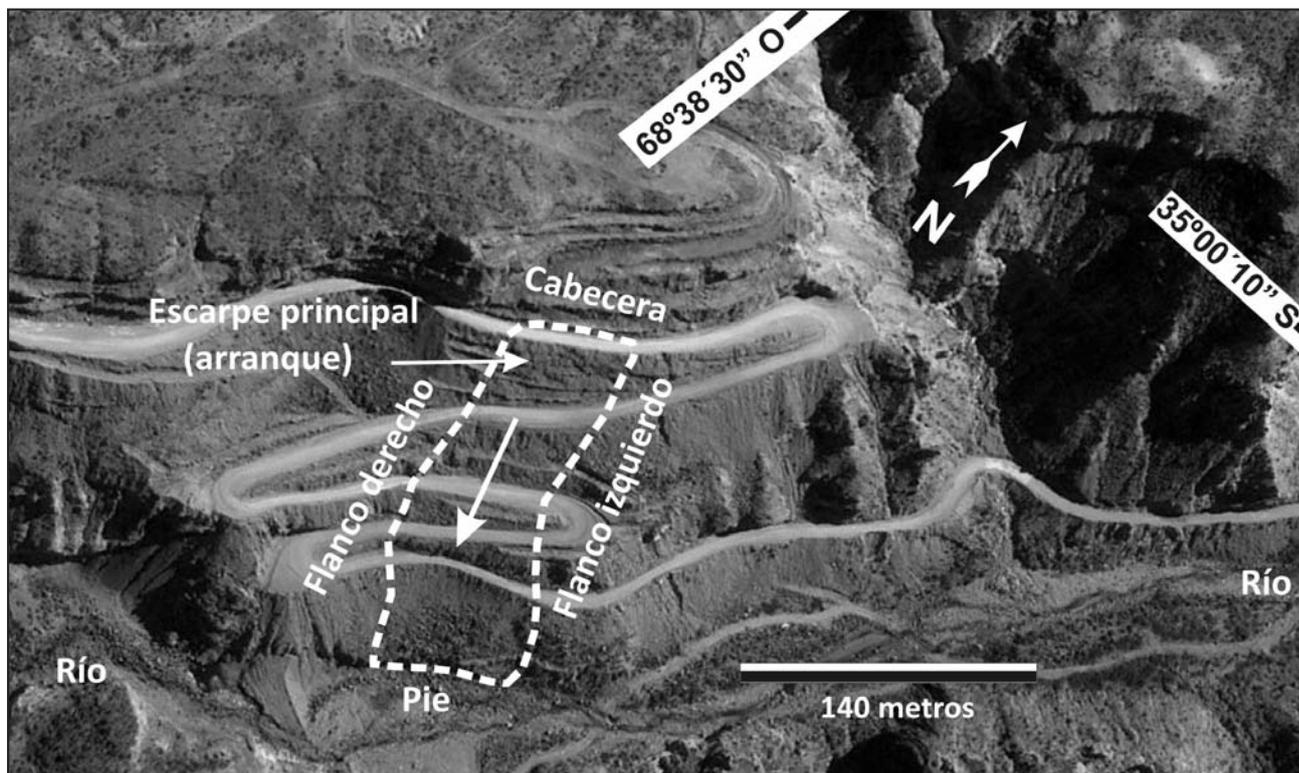


Figura 2. Vista al NO del área del deslizamiento (en líneas de trazo discontinuo), mientras que la flecha indica el sentido de desplazamiento de la masa crítica (imagen tomada y modificada de Google Earth).

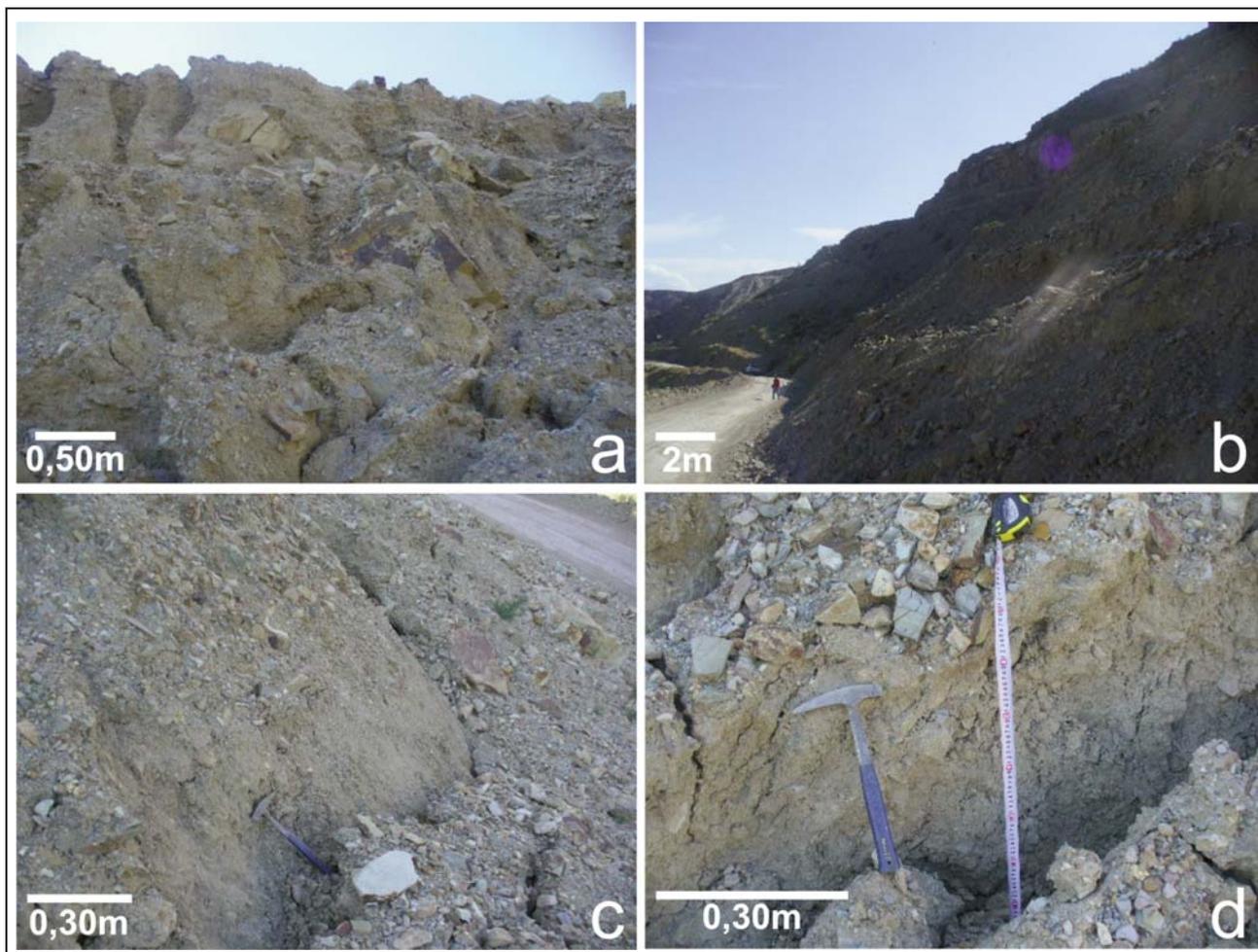


Figura 3. a) Vista hacia el NNO del talud que contiene a la zona de arranque del deslizamiento, b) Vista hacia el Sur del talud entre la 1ª y 2ª bajada donde se encuentra el sector de arranque, en primer plano se observan bermas interrumpidas, c) Plano de rotura del deslizamiento en la zona de escarpe principal, d) Resalto de 0,70 m en la zona de escarpe principal).

La descompensación del material de cabecera continúa hacia el Este donde se encuentra el flanco izquierdo. Este flanco presenta en su parte superior una dirección meridional que luego cambia al sudeste a partir de la 4ª bajada del camino hasta el río. El flanco izquierdo muestra rasgos morfológicos más sutiles en los caracoles de la traza vial, posiblemente por el constante trabajo de las maquinarias en tareas de relleno y compactación del camino, aunque se detectan deformaciones y grietas de menor intensidad en cada uno de los tramos (Figura 4a). En la 2ª bajada del camino se observó la cicatriz del deslizamiento coincidente con el flanco derecho que continúa en similar dirección que el flanco izquierdo atravesando la ruta en las bajadas 3ª y 4ª hasta la margen occidental del río (Figura 4-b).

El talud entre la 3ª y 4ª bajada, contiene una berma donde se reconocen 4 grietas de tracción distanciadas entre 1,2 a 2 m y con abertura que varían entre 0,15 m y 0,60 m. En este tramo se reconocen grietas de tracción con dirección 290°.

En el talud entre la 4ª y 5ª bajada sobre el sector oriental del deslizamiento, se describió una berma que fue desmembrada por un asentamiento vertical de 1,80 m y una abertura de 1,10 m (Figura 5). En el labio hundido se midieron por grietas de tracción radiales y en enjambre con direcciones de 45° (principales), 97° y 315°.

En la calzada de la 5ª y última bajada del camino, se encuentra la zona de mayor vulnerabilidad y deformación que afecta a la ruta que coincide con el sector medio del deslizamiento, produciéndose constantes deformaciones por asentamientos sucesivos y donde genera las principales complicaciones al tránsito (Figura 6). Con la finalidad de determinar la existencia de las reactivaciones del deslizamiento, se midió en este sector la deformación del camino en dos ocasiones diferentes, entre los primeros días de los meses de Septiembre y Octubre de año 2011. En la primera observación (04/09/2011) se reconoció en la calzada una cicatriz semicircular en planta, acompañada de grietas radiales generadas por asentamientos por rotura circular, con un resalto topográfico en la parte media de la calzada del camino de 0,25 m y que se incrementaba hacia la margen externa de la traza con resalto de 0,40 m y abertura de las grietas de tracción de hasta 0,10 m. Cabe mencionar que este tramo inestable se encuentra en constante mejoramiento de la calzada a través de material de relleno y emparejado por personal de mantenimiento de la traza. Durante la segunda observación del sitio (11/10/11), se comprobó una deformación importante del camino por un nuevo hundimiento en la zona deslizada, que generó en el camino un resalto de 0,45 m. Ello indica el constante tratamiento de la zona problema, siendo comprobado que en el lapso de 40 días se produjo un hundimiento acumulado

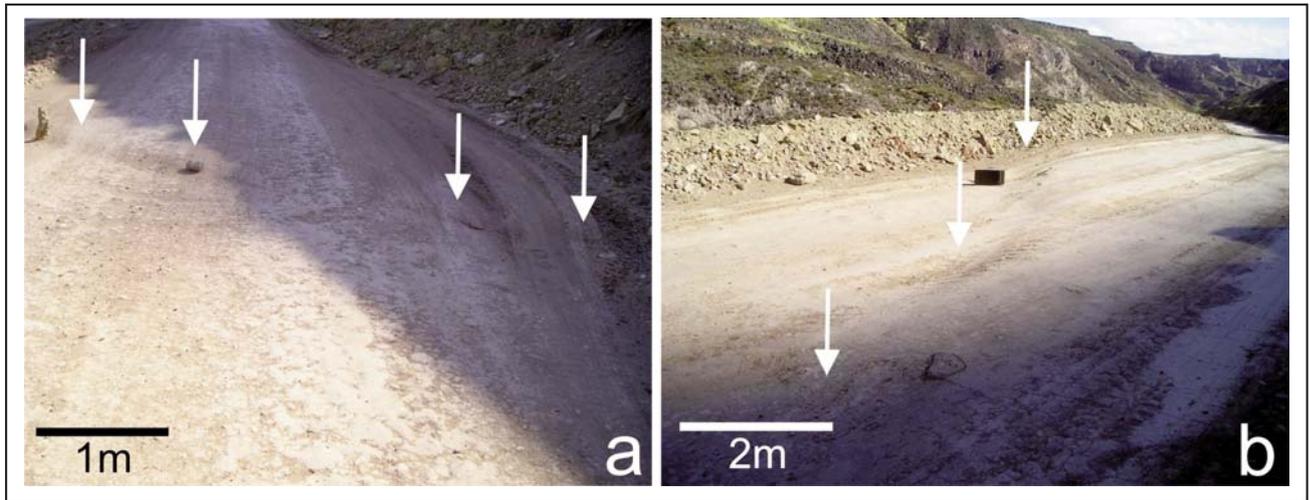


Figura 4. a) Las flechas indican la deformación de la traza vial coincidente con la dirección del flanco izquierdo en la 4ª bajada del camino, b) Trazo del flanco derecho en la segunda bajada hacia el Sur (marcado con flechas).



Figura 5. Vista al NNE de la berma desmembrada entre la 4ª y 5ª bajada y que fue afectada por un asentamiento vertical acumulado de 1,80 m.

de 0,70 m lo que indicaría que la traza vial en este sector puntual está siendo afectada permanentemente por los fenómenos de asentamiento. Hacia los flancos no se observaron asentamientos de tal magnitud.

Se reconocieron dos sectores con filtración que afloran en el talud de la última bajada en adyacencia al flanco izquierdo del deslizamiento (Figura 7).



Figura 6. Sector de mayor deformación en la 5ª y última bajada del camino hacia el cañón del Atuel.

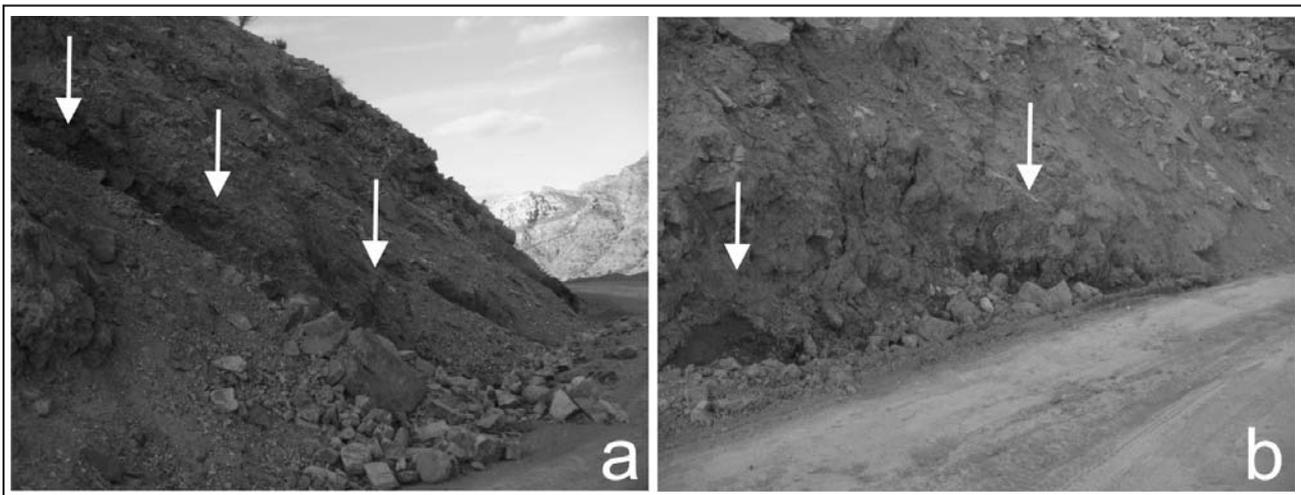


Figura 7. Imágenes de dos sectores sobre el talud de la última bajada donde se encuentran filtraciones (indicados con flechas).

En el contratalud del camino por debajo de la 5ª bajada y coincidente con el trazo del flanco izquierdo, se reconocieron dos grietas longitudinales producto de una reactivación diferencial en escalón con un resalto total de 0,80 m y una apertura de 1,30 m, que culmina en el pie del deslizamiento. Aquí se observó la terminación de una posible superficie de rotura del deslizamiento que afecta areniscas de coloración gris amarillenta sin resistencia y con un comportamiento semejante a un suelo residual. Este material tiene una humedad elevada y que a su vez compromete a los depósitos de derrubios acumulados por

encima. Entre las areniscas aparecen bancos de pelitas negras de unos 0,80 m de espesor, con plano de estratificación $10^{\circ}/35^{\circ}$ SE, poseen muy baja resistencia y están muy fracturados. Por encima de las rocas pelíticas y en contacto con las areniscas, se desarrolla en forma concordante un material tipo taquilítico de color blanco de 0,10 m de espesor, que incorpora clastos de las pelitas oscuras (Figura 8a). En las inmediaciones del flanco derecho, se reconoció material originario de las areniscas con elevado grado de disgregación entre las pelitas (base) y los bloques de areniscas resistente (techo) (Figura 8b).

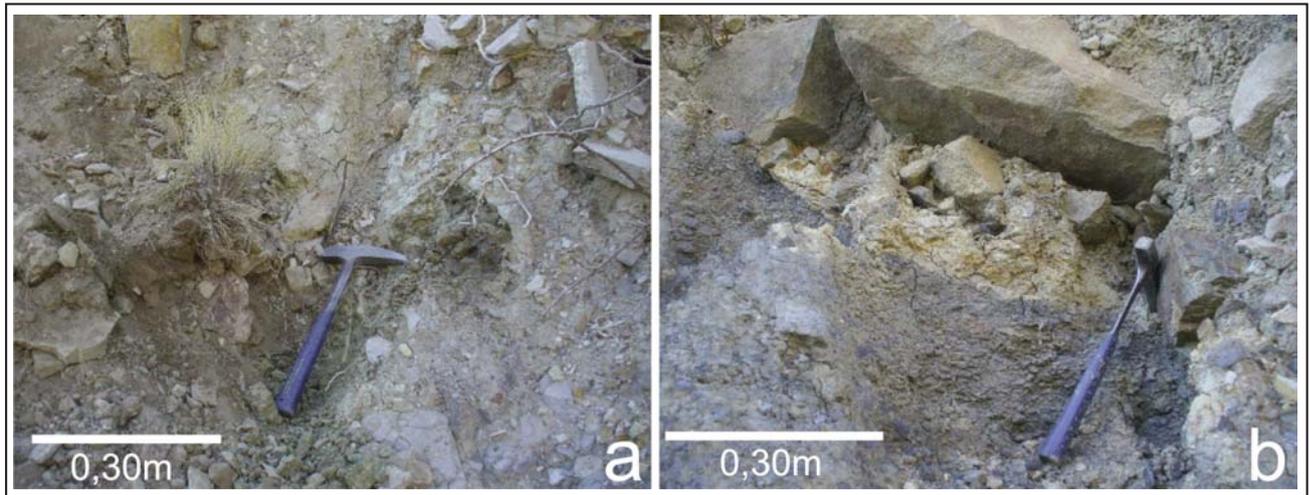


Figura 8. a) Presencia de material con coloración blanquecina (taquilita?) que evidencia la posible superficie de despegue del deslizamiento en el sector sobre el flanco izquierdo, b) Contacto pelitas oscuras con una arenisca sin resistencia.



Figura 9. Sector de mayor asentamiento y apertura en el pie de deslizamiento hacia el flanco derecho

En la culminación o pie de deslizamiento al lado del río, se observaron depósitos representados por la roca de caja (areniscas y pelitas) y el relleno, que han sido afectados por el asentamiento por rotura circular, registrándose un resalto vertical entre el labio elevado y hundido de hasta 2,30 m y apertura de hasta 4 m de ancho (Figura 9).

No se conoce el inicio de la actividad de este evento, aunque las primeras evidencias registradas fueron analizadas en un informe inédito para la repartición pública a cargo de la traza vial en Octubre del año 2007, procediéndose en Noviembre del mismo año al mejoramiento del sector y la construcción de las bermas existentes en el área de estudio.

El estilo del deslizamiento es de eventos múltiples y sucesivos, donde se establecieron al menos 3 eventos registrados en el campo en la zona de escarpe principal, a partir del reconocimiento de grietas extensionales paralelas y en escalón sobre el talud entre la 1ª y 2ª bajada. La distribución de la actividad es claramente confinada y alargada en dirección SSE (Figura 2).

La velocidad mínima de desplazamiento no ha sido calculada desde el inicio del evento, debido a no contar con esta información en el sector (fecha precisa del primer evento, causas, etc.). Se ha podido medir la dislocación de una berma en la cresta del talud entre la 4ª y 5ª bajada con un resalto de 1,80 m entre el labio elevado y hundido y apertura de 1,10 m (Figura 5). Si se toma en cuenta la fecha del inicio de la construcción de las bermas y la fecha de estudio de la presente contribución, se puede estimar una velocidad de asentamiento relativa para este sector de 0,45 m/año (componente vertical) y 0,27 m/año (componente horizontal), lo que indica que

el sector se encuentra con una actividad moderadamente activa en una pendiente general de 22°.

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LOS MATERIALES

La tabla 1 sintetiza las características geomecánicas de las rocas sedimentarias involucradas en el deslizamiento, principalmente de la zona de la escarpa principal mediante el análisis de las discontinuidades según la metodología sugerida por ISRM (1981).

Con los datos de la tabla 1, se calculó el índice RMR con corrección para taludes (Bieniawski, 1979). El valor de resistencia uniaxial determinado mediante el uso del esclerómetro de Schmidt en afloramiento varía entre 25 y 50 Mpa para las areniscas (categoría “dura”), con un grado de alteración ligeramente moderado. La estimación del índice de calidad de roca RQD según Palmstrom (1975), varía entre 25 y 50 % (roca mala). Mientras que para obtener el valor de comportamiento de las discontinuidades (espaciamiento, rugosidad, abertura, y relleno) se analizó del resultado de la Tabla 1. En el análisis de las condiciones hidrogeológicas del macizo, se tuvo en cuenta que el mismo se encontraba parcialmente saturado y restringido a dos sectores localizados a una altura de 22,50 m respecto a la base o pie del deslizamiento, interpretándose para el conjunto del área inestable como ligeramente húmedo.

Por último, la orientación de la traza vial en el área de estudio es NE-SO y los planos de discontinuidad (diaclasa) coincidente con esta dirección presentan una actitud de 80°/24° SE, lo que daría una situación muy desfavorable a la estabilidad de la ladera con pendientes hacia el sudeste.

Según estas propiedades, el sector de estudio presenta un índice RMR con corrección igual a “5”, que define al macizo rocoso como calidad “Muy Mala” (Clase V) (Tabla 2).

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Con los datos obtenidos de la caracterización geomecánica de los materiales involucrados y la estimación de los parámetros resistentes a partir de la clasificación geomecánica de Bieniawski (1979), se realizó mediante el método de Bishop y Janbu Simplificado el análisis residual de la estabilidad de la ladera, a partir de la topografía actual del área inestable (Figura 10), que permitió construir el perfil topográfico (A-A') (Figura 11).

En el análisis residual de estabilidad de la ladera afectada, se toma en cuenta la geometría actual del área inestable, y de los parámetros resistentes supuestos (tabla 3).

En base al relevamiento planialtimétrico y a la generación del perfil A-A' se estimó la superficie inferior del deslizamiento a partir del modelado del plano de despegue mediante el programa PCSTABL 6.0 (Bandini y Salgado, 1999). Se analizaron 100 superficies posibles de rotura, tomándose la superficie más desfavorable que presenta el menor factor de seguridad. Del modelado la superficie de rotura o de despegue representada en la figura 11 dio como resultado un factor de seguridad igual a “0,9” (FS= 0,9). Esto indica que la situación actual del material rocoso en cuanto a geometría y parámetros resistentes se encuentran en permanente inestabilidad, teniendo en cuenta que las posibles oscilaciones del nivel freático en la zona problema, como consecuencia de las lluvias en épocas estivales, serán suficientes para hacer que el factor de seguridad se reduzca y se puedan producir reactivaciones en la superficie de deslizamiento original o en otras asociadas.

El volumen calculado a partir del área inestable y la profundidad estimada de la superficie de despegue del deslizamiento se estimó un volumen de 63.564 m³ de masa inestable con probabilidad de deslizarse completamente.

Tabla 1. Detalle de las características geomecánicas de las principales discontinuidades del macizo rocoso en la zona del deslizamiento.

SECTOR:		Zona de caracoles de la R.P. N° 173, cañón del Atuel	
		Coordenadas: 35° 00'10" Lat S. y 68°38'28" Long. O	
LITOLOGIA		Areniscas resistentes con intercalación de pelitas	
CARACTERÍSTICAS GEOMECANICAS			
Tipo de Discontinuidad	DIACLASA	FALLA	DIACLASA
Orientación	80°/24° SE	115°/80° NE- (Rake 40° SE)	112°/82° NE
Espaciamiento (metros)	0,02 a 0,80 (juntas a separadas)	0,50 a 0,60 m (juntas)	0,10 a 0,30 m (muy juntas a juntas)
Persistencia	Mayor a 20 m (alta)	0,10 a 0,30 m Muy baja	0,10 a 0,30 m Muy baja
Rugosidad	media	media	alta
Abertura	1 - 10 cm (medio abierta)	1 - 10 cm (medio abierta)	2 - 5 cm (cerrada)
Relleno	no	no	no
Sellamiento	no	no	no
Número de sets	Tres (3) familias predominantes		
Tamaño de bloques	< 1 m ³ (medio)		
Disgregación mecánica	Media (areniscas) y alta (pelitas)		
Grado de alteración	moderadamente alterada		

Tabla 2. Determinación del valor del índice RMR y calidad del macizo rocoso.

	PARÁMETRO	VALOR ESTIMADO	VALUACION
1)	Resistencia a la compresión uniaxial de la matriz rocosa	25 - 50 MPa	4
2)	R.Q.D.	25 - 50 %	6
3)	Espaciamiento de las discontinuidades	0,20 - 0,60 m	10
4)	Condiciones de las discontinuidades	Superficies rugosas y abiertas con persistencia alta, moderadamente alteradas, sin relleno	15
5)	Condiciones hidrogeológicas	Ligeramente húmedo	10
6)	Orientación de las discontinuidades para taludes	Desfavorable a muy desfavorable	(- 40) Promedio
TOTAL:			5
CLASIFICACION DE ROCAS SEGÚN TOTAL VALUACIÓN:			ROCA MALA
CLASE			V
Parámetros resistentes (estimados)	Cohesión		50 KN/m ²
	Ángulo de rozamiento interno		10°

Tabla 3. Parámetros resistentes residuales utilizados para el análisis de estabilidad.

	γ kN/m ³	γ'. kN/m ³	c'. kN/m ²	Φ'
Macizo rocoso en zona de falla	21	22	50	10

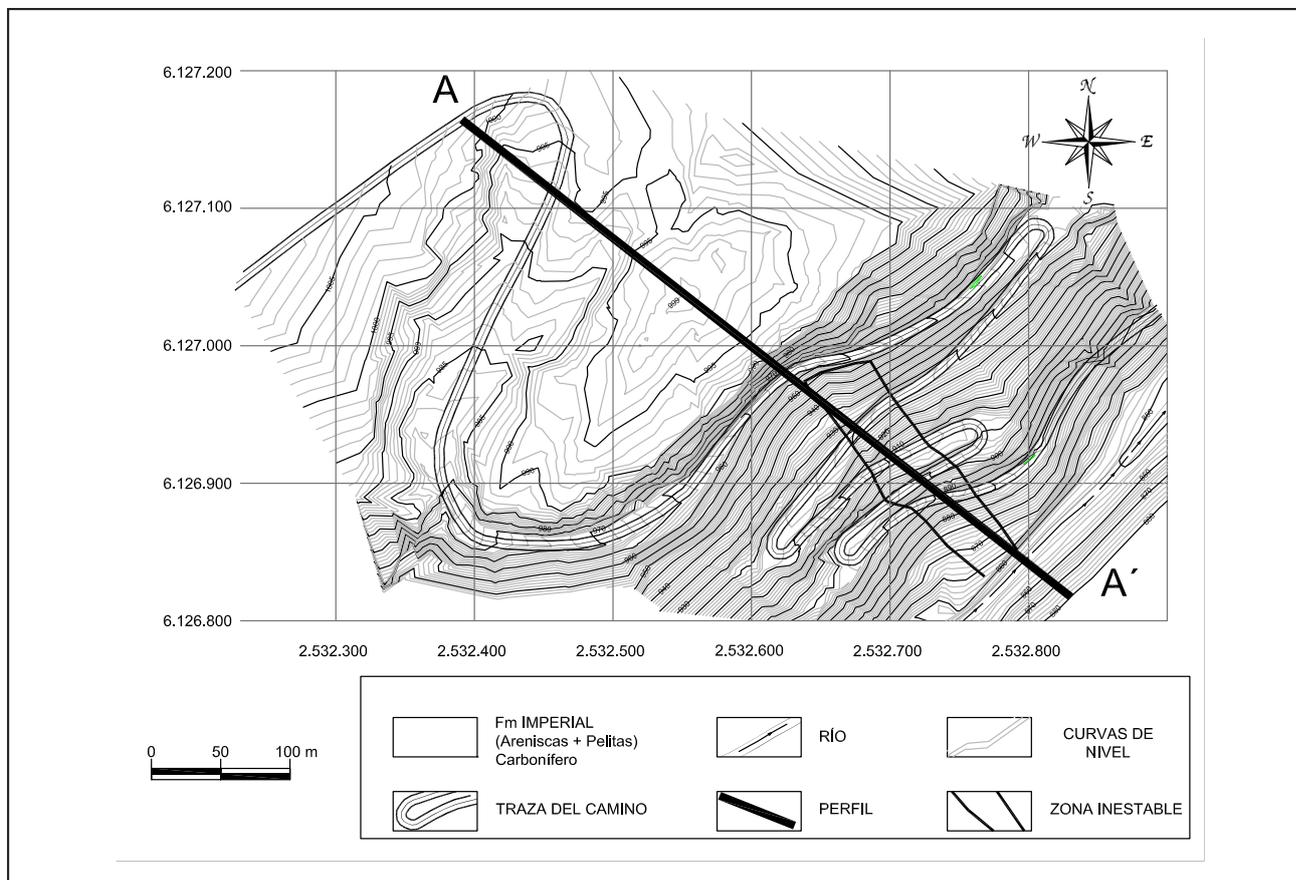


Figura 10. Mapa topográfico del sector.

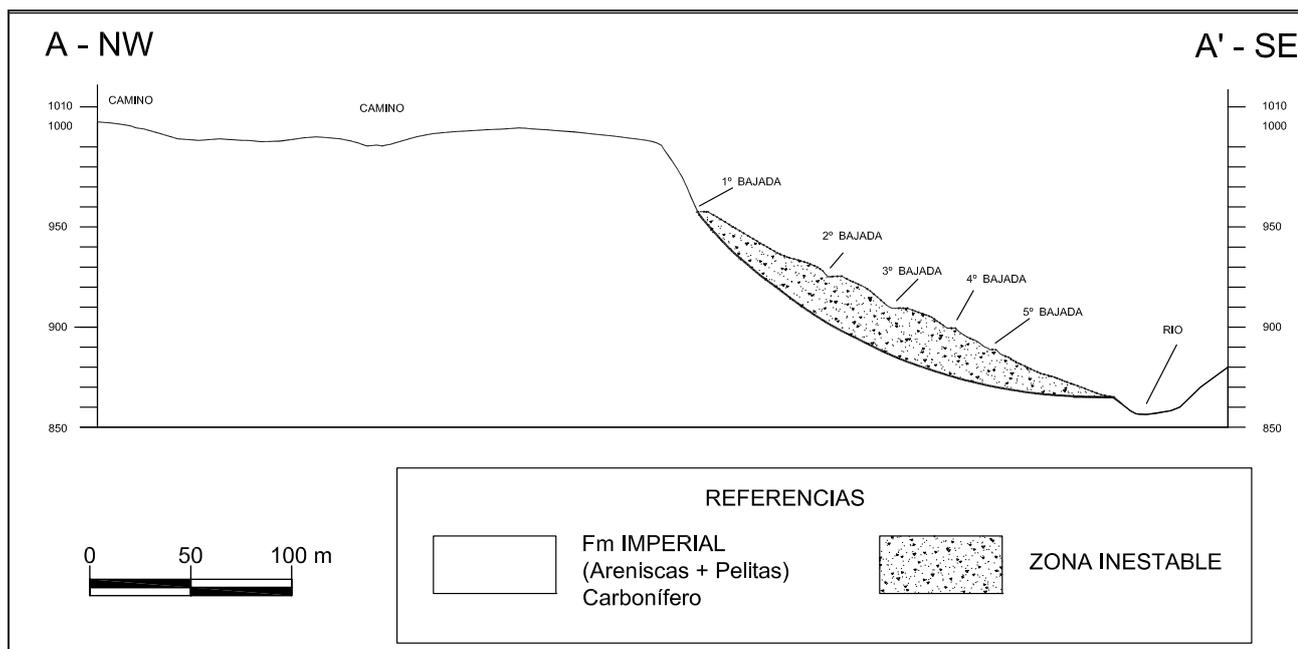


Figura 11. Modelo de la superficie de rotura con el menor factor de seguridad del deslizamiento a partir del análisis residual (FS= 0,9)

CONCLUSIONES

El deslizamiento en la zona de caracoles de la ruta provincial N° 173 en el sector austral del cañón del Atuel, se produce en un macizo rocoso compuesto por areniscas resistentes que se encuentran afectadas por tres sistemas de fracturas principales y que generan una importante disgregación mecánica en el macizo.

El deslizamiento es generado por una superficie de rotura circular, cuyo plano de arranque se ubica en el talud entre la 1ª y 2ª bajada de la traza vial, con una actitud de 75°/67° SE.

En el sector de pie del deslizamiento se describieron entre los depósitos de areniscas y bancos pelíticos de menor

resistencia, material tipo taquilítico que podría indicar la superficie de despegue del asentamiento por rotura circular.

El área inestable tiene un ancho promedio de 80 m, 210 m de largo y una altura de 80 m entre la cabecera y el pie del deslizamiento, que contiene taludes con pendientes que varían entre 20° a 41°.

El deslizamiento se encuentra en constante proceso de asentamiento afectado principalmente a las lluvias en épocas estivales.

La superficie de rotura más inestable presentó un factor de seguridad de "0,9" representando una moderada inestabilidad de la zona que podría poner en riesgo a la traza vial en su conjunto.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

BANDINI, P. Y SALGADO, R., 1999.

PCSTABL 6.0 for Dos, User's Manual.

Purdue University, U.S.A., 183 pág.

BIENIAWSKI, Z.T., 1979.

The geomechanics classification in rock engineering applications.

4th International Conference on Rock Mechanics. Montreaux, 2: 41 – 48.

CISNEROS, H., BASTIAS, H. 1993

"Neotectónica Del Borde Oriental del Bloque de San Rafael".

XII Congreso Geológico Argentino. Mendoza. Actas III: 270-276.

COSTA, C, CISNEROS, H, SALVARREDI, J Y GALLUCCI, A; 2006

Nuevas consideraciones sobre la neotectónica del margen oriental del bloque de San Rafael.

Revista de la asociación Geológica Argentina, serie "D"

DESSANTI, R.N., 1956.

Descripción Geológica de la Hoja 27c, Cerro Diamante (provincia de Mendoza),

Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 85. Buenos Aires.

- INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, 1981.
Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring.
Ed. E. T. Brown. Pergamon Press.
- SEPÚLVEDA, E.G., A. BERMÚDEZ, O.L. BORDONARO, D. DELPINO Y S.H. MALLIMACCI, 1999.
Hoja Geológica 3569-IV Embalse El Nihuil, provincia de Mendoza,
Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR (Versión preliminar), Buenos Aires
- PALMSTROM, A. (1975).
Characterization of degree of jointing and rock mass quality.
Int. Report Ing. A.B. Berdel, A.S. Oslo, 62 pp.