

CARACTERIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD GEOLÓGICA EN LA ZONA DEL PASO DE AGUA NEGRA. PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA

**Fernando Xavier Pereyra, Jesús Ángel Oliva, Manuela Elissondo y
María Inés Tobío**



Ubicación aproximada del portal del túnel, en la convergencia de la quebrada de San Lorenzo con la del Agua Negra

SERIE CONTRIBUCIONES TÉCNICAS - PELIGROSIDAD GEOLÓGICA N° 22

CARACTERIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD GEOLÓGICA EN LA ZONA DEL PASO DE AGUA NEGRA. PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA

Fernando Xavier Pereyra, Jesús Ángel Oliva, Manuela Elissondo
y María Inés Tobío

Supervisión: Alejandra Graciela Tejedo

Validación: Adriana Beatriz Balbi

Edición: Marcos Vila

ISSN 2618-5024

BUENOS AIRES 2023

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente: Dr. Eduardo Osvaldo Zappettini
Secretaria Ejecutiva: Lic. Silvia Beatriz Chavez

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director: Dr. Martín Ricardo Gozalvez

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y APLICADA

Directora: Lic. Alejandra Graciela Tejedo

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Esta publicación debe citarse como:

Pereyra F.X.; Oliva J.A.; Elissondo M. y Tobío M.I. 2023.
Caracterización de la Peligrosidad Geológica en la Zona del Paso de
Agua Negra. Provincia de San Juan, Argentina.
Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero
Argentino.
Serie Contribuciones Técnicas Peligrosidad Geológica N° 22, 135 pp.
Buenos Aires

ISSN 2618-5024

ES PROPIEDAD DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES - SEGEMAR
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia) 1650 - San Martín - Buenos Aires - República Argentina

Edificios 14 y 25 | (11) 5670-0100

www.segemar.gov.ar

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. UBICACIÓN DEL ÁREA Y VÍAS DE ACCESO	3
3. OBJETIVOS	4
4. ANTECEDENTES	4
5. GEOLOGÍA	5
6. ESTRUCTURA	18
7. GEOMORFOLOGÍA	20
8. IMPLICACIONES GEOTÉCNICAS	40
9. PELIGROSIDAD GEOLÓGICA	48
10. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LAS PRINCIPALES OBRAS DE DRENAJE Y FACTORES DE PELIGROSIDAD GEOLÓGICA IDENTIFICADOS	59
11. CONCLUSIONES	62
TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO	63
ANEXO I: CARTOGRAFÍA TEMÁTICA	67
Modelo de Elevaciones Digital (DEM)	67
Mapa Base Topográfica	68
Mapa de Pendientes	69
Mapa Geológico	70
Mapa Geomorfológico	71
Mapa de Peligrosidad Geológica	72
ANEXO II: FICHAS DE CARACTERIZACIÓN DE TALUDES	73

RESUMEN

El proyecto de un nuevo túnel se sitúa en el Paso de Agua Negra, el más alto entre Argentina y Chile situado a una cota de 4.780 m s. n. m. Incluye 14 km aproximadamente, con extremos en la Quebrada de San Lorenzo (departamento Iglesia, provincia de San Juan) y el Llano de Las Liebres (provincia de Elqui, IV Región de Coquimbo), en Argentina y Chile, respectivamente. La construcción del túnel fue planteada formalmente en ocasión del proyecto de mejoramiento y pavimentación de la ruta nacional 150 hasta el límite internacional con Chile.

En este trabajo se estudia el sector de la cuenca del arroyo del Agua Negra aledaña a la citada ruta. La zona se encuentra, emplazada esencialmente en el ambiente de la Cordillera Frontal, al que se suma una pequeña porción ubicada en el área pedemontana que descende hacia el valle de Calingasta-Iglesia. El área está comprendida entre los paralelos 29°25' y 29°45' S y los meridianos 69°30' y 69° 55' O.

El objetivo principal del presente estudio es caracterizar y evaluar la peligrosidad geológica natural e inducida en la quebrada de Agua Negra, en relación con la ampliación y asfaltado de la ruta nacional 150 y la zona de acceso al futuro túnel internacional, ubicado a una cota de aproximadamente 4.100 metros sobre el nivel del mar.

Consecuentemente, se ha realizado, en primer lugar, la caracterización geológica y geomorfológica de la zona, volcándose los resultados en los mapas respectivos. Asimismo, se analizaron los principales factores de peligrosidad natural presentes en la zona estudiada, considerando sus orígenes y su distribución espacial. Finalmente se generó un mapa de peligrosidad definiendo los sectores más conflictivos y los principales factores de peligrosidad presentes. Asimismo, se ha realizado una caracterización geotécnica de la región estudiada, complementada por fichas para sitios seleccionados.

Los principales factores de peligrosidad detectados en la zona se relacionan a la remoción en masa: caídas de rocas, flujos densos y deslizamientos. Estos se encuentran favorecidos por las altas pendientes, la elevada proporción de materiales gruesos inconsolidados, la presencia de numerosos planos de debilidad estructural (como diaclasas y fracturas) en los afloramientos rocosos y la existencia de factores disparadores como los climáticos o sísmicos a los que debe sumarse la acción antrópica creciente. Por lo tanto, la mayor parte de los taludes de la zona estudiada presentan una peligrosidad geológica de alta a muy alta. Asimismo, en los abanicos aluviales procedentes de las principales quebradas tributarias la peligrosidad fluvial y por remoción en masa también es muy elevada. Finalmente, la sismicidad regional es alta.

Todo esto posibilita la realización de planes de contingencia tendientes al fortalecimiento de todas las fuerzas de la provincia como lo es Defensa Civil y el desarrollo de protocolos de respuesta para las distintas emergencias que se puedan presentar. Acompaña al presente informe el Anexo I de Cartografía Temática que incluye: Modelo de elevación digital (DEM), Mapa Base topográfica, de Pendientes, Geológico, Geomorfológico y de Peligrosidad Geológica y el Anexo II con las fichas de Caracterización de Taludes.

Palabras Clave: Paso de Agua Negra, Ruta nacional 150, Peligrosidad geológica, Caracterización geotécnica.

ABSTRACT

New tunnel project is located in the Paso de Agua Negra, the highest between Argentina and Chile located at an elevation of 4.780 m above sea level. It includes approximately 14 km, between the Quebrada de San Lorenzo (Iglesia department, San Juan province) and the Llano de Las Liebres (Elqui province, IV Region of Coquimbo), in Argentina and Chile, respectively. The construction of the tunnel was formally proposed on the occasion of the project to improve and pave the national route 150 to the international border with Chile. In this work the sector of the Agua Negra stream basin adjacent to the aforementioned route is studied. The area is located, essentially located in the environment of the Frontal Cordillera, to which is added a small portion located in the foothills area that descends towards the Calingasta-Iglesia valley. The area lies between the parallels 29°25' and 29°45'S and the meridians 69°30' and 69°55' W.

The main objective of this study is to characterize and evaluate the natural and induced geological danger in the Agua Negra ravine, in relation to the expansion and paving of national route 150 and the access area to the future international tunnel, located at a height of approximately 4.100 m above sea level.

Consequently, the geological and geomorphological characterization of the area has been carried out in the first place, turning the results into the respective maps. Main natural hazards are also studied, considering their origins and spatial distribution. Finally, a hazard map was generated defining the most conflictive sectors and the main hazard factors present. Likewise, a geotechnical characterization of the studied region has been carried out, complemented by files for selected sites.

The main hazardous factors detected in the area are related to mass wasting: rock falls, debris flows and landslides. These are favored by the high slopes, the high proportion of unconsolidated coarse materials, the presence of numerous planes of structural weakness (such as joints and fractures) in the rocky outcrops and the existence of triggers such as climatic or seismic factors to which it must join the growing anthropic action. Therefore, most of the slopes in the studied area present a high to very high geological danger. Likewise, in the alluvial fans coming from the main tributary streams, the risk of fluvial and mass removal is also very high. Finally, regional seismicity is high.

All this makes it possible to carry out contingency plans aimed at strengthening all the forces in the province, such as Civil Defense, and the development of response protocols for the different emergencies that may arise. Present contribution includes Annex I of Thematic Mapping that includes: Digital elevation model (DEM), Topographic, Slope, Geological, Geomorphological and Geological Hazard Map and Annex II with the Slope Characterization sheets.

Keywords: *Paso de Agua Negra, National route 150, Geological hazards, Geotechnical characterization.*

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realizó en el marco de Programa Territorial de Integración (PTI) Túnel Binacional Agua Negra, en el cual asistieron y participaron autoridades nacionales y provinciales tanto de Chile como de Argentina.

La construcción del túnel, en el paso de Agua Negra, fue planteada formalmente en ocasión del proyecto de mejoramiento y pavimentación de la ruta nacional 150 hasta el límite internacional con Chile, en 1998. En el ámbito de la conexión vial entre Argentina y Chile, el túnel podría mejorar la comunicación y el transporte entre el Atlántico y el Pacífico.

El nuevo túnel se sitúa en correspondencia con el homónimo Paso de Agua Negra, el más alto entre Argentina y Chile situado a una cota de 4.780 m s. n. m. Incluye 14 km aproximadamente, con extremos en la Quebrada de San Lorenzo (departamento de Iglesia, Provincia de San Juan) y el Llano de Las Liebres (provincia de Elqui, IV Región de Coquimbo), en Argentina y Chile, respectivamente.

La zona de influencia de la ruta nacional 150 es susceptible a ser afectada o hallarse bajo la influencia de procesos de movimientos en masa y erosión hídrica, principalmente. Para la evaluación de la susceptibilidad es necesario conocer los factores intrínsecos y disparadores que facilitan el desarrollo de estos procesos como, por ejemplo: topografía, geomorfología, litología, usos de suelos, precipitaciones, sismos y otros.

Uno de los objetivos de este trabajo es detectar aquellas zonas donde se hace necesaria la realización de estudios específicos y a mayor detalle (áreas críticas) y posteriormente sugerir las medidas a desarrollar para mitigar el futuro riesgo.

Mediante la construcción de las obras de mitigación, actualmente en funcionamiento en la ruta, así como del análisis integrado de susceptibilidad se sugieren una serie de medidas como, por ejemplo: plan de mantenimiento del camino, rever las estructuras protectoras del camino y medidas de seguridad y de estabilización de laderas, evaluación del dimensionado de las obras de drenaje (alcantarillas, canalizaciones, etc.) efectuadas, en particular en los tres cruces existentes en dicho trazado. Se desarrolló un estudio en detalle de la estabilidad del macizo rocoso mediante los estudios geotécnicos.

Todo esto posibilita llegar a los planes de contingencia tendientes al fortalecimiento de todas las fuerzas de la provincia como lo es: Defensa Civil

y el desarrollo de protocolos de respuesta para las distintas emergencias que se puedan presentar.

2. UBICACIÓN DEL ÁREA Y VÍAS DE ACCESO

El área estudiada se ubica en la Cordillera Frontal o Alta Cordillera de los Andes, en el departamento Iglesia, provincia de San Juan. La cuenca del arroyo del Agua Negra cubre una superficie de 555,91 km², entre la localidad de Las Flores y la divisoria de aguas que marca el límite internacional con Chile. En este trabajo se estudia el sector de la cuenca aledaño a la ruta nacional 150, emplazado esencialmente en el ambiente de la Cordillera Frontal, al que se suma una pequeña porción ubicada en el área pedemontana que desciende hacia el valle de Calingasta-Iglesia. El área de estudio está comprendida entre los paralelos 29°25' y 29°45' de latitud sur y los meridianos 69°30' y 69° 55' de longitud oeste (Fig. 1).

La ruta nacional 150 recorre la quebrada a lo largo de aproximadamente 60 km, desde su desembocadura hasta el Paso Internacional del Agua Negra, ubicado en el límite con Chile, a una cota de 4.779 m s. n. m. El futuro portal de acceso al túnel internacional se ubicaría en la desembocadura de la quebrada del arroyo San Lorenzo a una cota cercana a los 4.100 m s. n. m., reduciéndose el recorrido en territorio argentino en más de un 20% aproximadamente.

El clima de la zona es típico de los Andes semiáridos. Según Moreno (2000) pueden diferenciarse claramente dos pisos climáticos. Desde las nacientes de la quebrada hasta los 3.000 m s. n. m., el clima es frío y seco de montaña. Las temperaturas medias son de 0°C en invierno y 12°C en verano, con grandes amplitudes térmicas diurnas y estacionales. La precipitación, en forma de nieve, alcanza valores de 100-350 mm/a (Minetti *et al.* 1986). Según Schrot (2001) la alta radiación solar global domina el balance energético. Este último autor midió 314 ciclos de congelamiento-descongelamiento a una cota de 4.720 m s. n. m., en superficie por año. Esto le da a la zona características típicas de un ambiente criogénico, como se detalla más adelante. Por debajo de los 3.000 m s. n. m., el clima es templado seco, con temperaturas medias anuales de 20°C, con mínimas de 0°C y máximas que pueden superar los 35°C. Las precipitaciones estivales se dan como lluvias torrenciales y no superan los 100 mm/a.

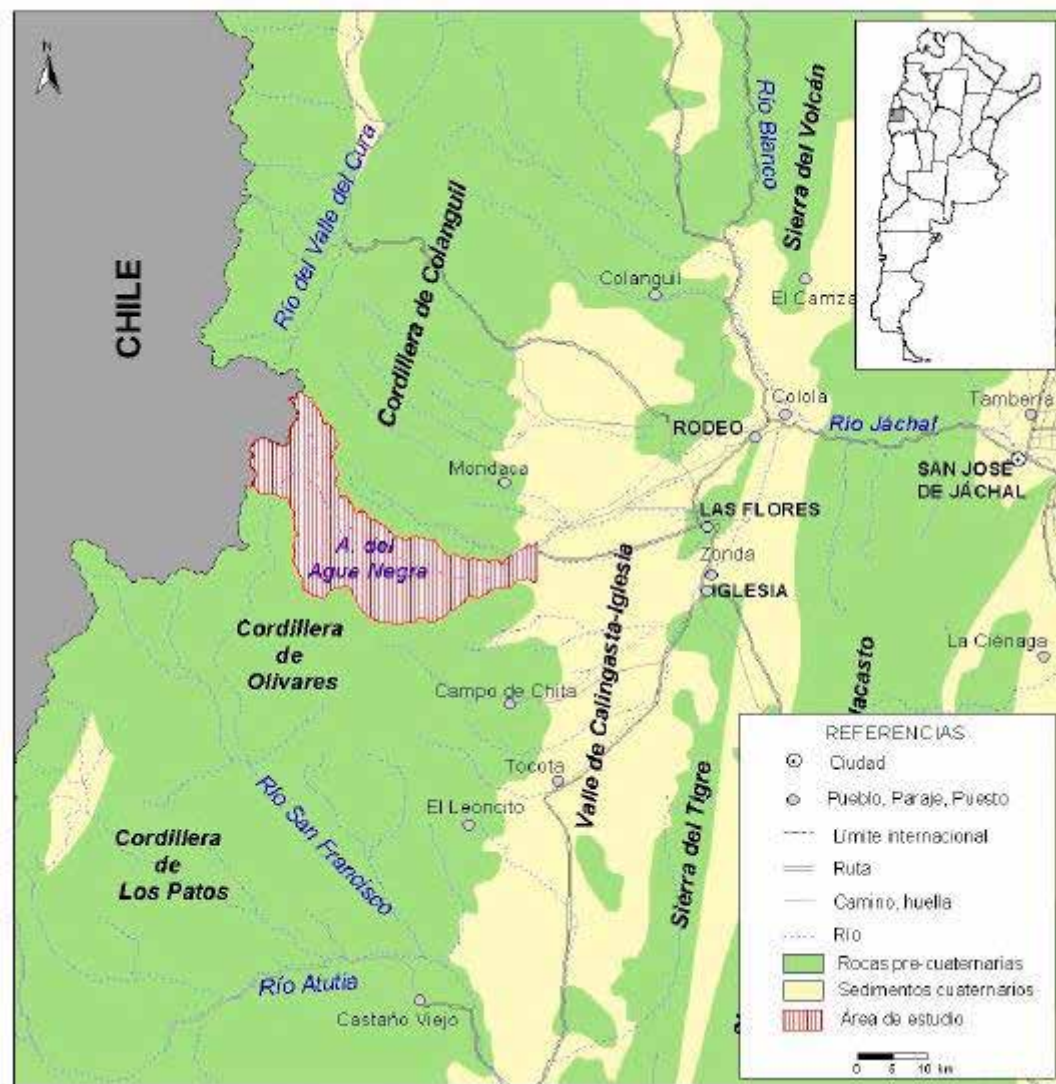


Figura 1. Mapa de ubicación del área estudiada.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio es caracterizar y evaluar la peligrosidad geológica natural e inducida en la quebrada de Agua Negra, en relación con la ampliación y asfaltado de la ruta nacional 150 y la zona de acceso al futuro túnel internacional, ubicado en la desembocadura de la quebrada de San Lorenzo a una cota de aproximadamente 4.100 m s. n. m. Este estudio corresponde al sector argentino del paso y habrá de complementarse con el estudio del sector chileno en vías de realización.

Consecuentemente, se ha realizado, en primer lugar, la caracterización geológica y geomorfológica de la zona, volcándose los resultados en los mapas respectivos (Anexo I).

A continuación, se analizaron los principales factores de peligrosidad natural presentes en la zona estudiada, considerando sus orígenes y su distri-

bución espacial. Finalmente se generó un mapa de peligrosidad definiendo los sectores más conflictivos y los principales factores de peligrosidad presentes (Anexo I).

Asimismo, se ha realizado una caracterización geotécnica de la región estudiada, complementada por fichas para sitios seleccionados que se adjuntan en el Anexo II.

4. ANTECEDENTES

La quebrada del Agua Negra ha sido objeto de numerosas investigaciones geológicas. Entre los numerosos estudios de carácter geológico-mineros llevados a cabo en esta zona (Angelelli 1950 y 1984; Quartino y Zardini 1967; T.E.A. Compañía Minera 1969; Pelichotti y Rojo 1979 y Belvideri *et al.* 1998, entre otros).

Con respecto a las rocas de la Formación Cerro Agua Negra, Achen (1948) realizó el primer hallazgo de flora fósil en dichas sedimentitas, en la desembocadura de la quebrada del Agua Negra. Desde ese entonces han sido numerosos los estudios realizados sobre esta unidad en la mencionada quebrada, que constituye la localidad tipo (Polanski 1970). Costas (1964 y 1967) estudió esta unidad en el tramo medio de la quebrada y localizó un yacimiento fosilífero que contiene invertebrados marinos, además estudió las rocas ígneas del Plutón Agua Negra y las volcánicas del Grupo Choiyoi. Aparicio (1969) estimó la edad de la Formación Cerro Agua Negra, a partir del hallazgo de dos yacimientos fosilíferos en la quebrada estudiada. Otros hallazgos fueron reportados por Scalabrini Ortíz (1973), González (1976), Gutiérrez (1983) y Gutiérrez *et al.* (1994). Gutiérrez (1983) realizó una interpretación paleoambiental de esta unidad. Los trabajos regionales de Malizia *et al.* (1997), Cardó *et al.* (1998), Heredia *et al.* (2002) y Rodríguez Fernández *et al.* (1999) incluyeron el área estudiada en este trabajo, brindando información sobre las características geológicas y estructurales de la zona. Bastías (1991) definió el Complejo Volcánico de Olivares, aflorante en la cordillera de Olivares, ubicada al sur del área de estudio.

La geomorfología de la región fue encarada desde diferentes puntos de vista, desde un punto de vista regional se cuenta con los trabajos de Malizia *et al.* (1997) y Kokot (1998), desde un punto de vista glaciológico con los de Colqui (1968), Leiva (1999) y Milana y Maturano (1999). Además, se realizaron trabajos destinados a establecer una evaluación de peligrosidad geológica como los de Perucca y Carrizo (1998) y Moreno (2000), y por último trabajos destinados a estudiar geofomas criogénicas como los de Scholl (2001), Schrott (2001) y Croce y Milana (2002a, 2002b).

5. GEOLOGÍA

Introducción

El sector estudiado pertenece a la provincia geológica de Cordillera Frontal (Ramos 1999). En la caracterización geológica se han seguido los lineamientos generales planteados por Cardó *et al.* (2005) en la Hoja Geológica 3169-1 Rodeo. La estratigrafía del área estudiada está compuesta por un basamento de edad Paleozoica media a superior integrado por las sedimentitas de la Formación Agua Negra (Polanski 1970). La misma se encuentra

metamorfizada e intruida por granitoides (Permo-triásicos) pertenecientes al Batolito de Colangüil, denominados para la zona, Granito Agua Negra. En discordancia sobre las sedimentitas se desarrolla la espesa secuencia volcánica que constituye el Grupo Choiyoi (Groeber 1946; Rolleri y Criado Roque 1969), genéticamente relacionada con los granitoides mencionados previamente.

Por encima, las litologías antes señaladas se encuentran parcialmente cubiertas por rocas volcánicas y volcánicas de edad Terciaria, pertenecientes a los Grupos Doña Ana (Thiele 1964; Makshev *et al.* 1984) y Olivares (T.E.A. Compañía Minera 1968; Aparicio 1975 y Bastías 1991). Finalmente, los depósitos cuaternarios completan la estratigrafía de la región, predominando los de origen glaciario y criogénico, así como los depósitos de remoción en masa, fluviales y aluvio-columbales.

Formación Agua Negra

La Formación Cerro Agua Negra está compuesta por areniscas gris verdosas de grano fino a medio y pelitas oscuras, con escasas intercalaciones de conglomerados finos. Presenta abundantes restos de fauna y flora fósil. Aflora en el sector oriental de la Cordillera Frontal de San Juan, desde el río Calingasta hasta los límites con la provincia de La Rioja. Aparece en las cordilleras de Olivares, Agua Negra, Colangüil, San Guillermo, Santa Rosa y La Brea (Caminos 1979). La quebrada del Agua Negra es la localidad tipo. Presenta un espesor superior a los 1.000 m (Gutiérrez *et al.* 1994). Se apoya discordantemente sobre sedimentitas de bajo grado metamórfico de edad Devónica en áreas aledañas, pero su base no es visible en la zona abarcada por el presente estudio. El techo es cubierto en discordancia angular por sedimentitas y/o andesitas pertenecientes a la sección inferior del Grupo Choiyoi.

En la zona de la cordillera de Olivares es cubierta discordantemente por rocas volcánicas de edad Terciaria superior, como sucede en las quebradas del Agua Negra y Chita. Malizia *et al.* (1997) dividieron a la unidad en tres secciones. La Sección I está compuesta por pelitas oscuras laminadas, con escasas intercalaciones de areniscas finas a muy finas en bancos tabulares. La Sección II está integrada por areniscas de grano muy fino a mediano, de colores gris oscuro, negro y gris verdoso, con bajo porcentaje de matriz, que composicionalmente corresponden a arenitas líticas. Se disponen en bancos tabulares gruesos con sets entrecruzados de escala grande y gigante. Presenta escasas intercalaciones de bancos

pelíticos y conglomerádicos finos y medianos. La Sección III consiste en una alternancia de areniscas y pelitas de colores oscuros, las areniscas conforman bancos tabulares macizos y raras veces con laminación horizontal o entrecruzada. Estos autores distinguieron dos tipos de areniscas, el primer tipo se trata de arenitas feldespáticas con bajo porcentaje de matriz, similares a las que constituyen la sección II y el segundo está compuesto por grauvacas feldespáticas con hasta 20 % de matriz, que en ocasiones se tornan micáceas y contienen hasta un 25 % de fragmentos líticos.

En el área estudiada en este trabajo se reconocieron los afloramientos pertenecientes a esta formación, sobre ambos márgenes de la quebrada del Agua Negra (Fig. 2). Los mismos están expuestos desde su desembocadura en el sector pedemontano, hasta

la zona de Ojos de Agua, en el tramo medio de la quebrada. En el sector oriental se halla cubierta discordantemente por depósitos pedemontanos, mientras que en el occidental se encuentra en contacto por falla con las andesitas del Grupo Choiyoi. En el tramo medio de la quebrada, el techo de la unidad se encuentra cubierto de manera discordante por volcánicas terciarias pertenecientes al Grupo Olivares. En este mismo sector está intruida por el Plutón Agua Negra, en consecuencia, las sedimentitas aflorantes en esta zona están afectadas por metamorfismo de contacto y atravesadas por numerosos diques, además muestran un intenso diaclasamiento (Fig. 2 y Fig. 3). A lo largo de la quebrada del Agua Negra y de las quebradas tributarias, estas rocas se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios de distintos orígenes.



Figura 2. Afloramientos de las sedimentitas (areniscas y lutitas metamorizadas) de la Fm. Agua Negra.



Figura 3. Afloramientos de la Fm. Agua Negra intruidas por enjambres de diques graníticos.

En las cercanías de la desembocadura de la quebrada, la Formación Cerro Agua Negra está compuesta por intercalaciones de pelitas y areniscas. Las pelitas son de color gris a gris oscuro, finamente laminadas, muy fracturadas y presentan un alto contenido de materia orgánica. Las areniscas son de color gris verdoso, de grano medio, con alto contenido de micas y macizas. La secuencia es granocreciente y el espesor de los bancos varía entre 10 y 40 cm. Los mismos se encuentran en posición subhorizontal.

En la quebrada de Las Tranquitas de Abajo se observa una alternancia de areniscas finas y pelitas gris oscuras, subhorizontales, en bancos tabulares, muy diaclasadas y fracturadas. En esta quebrada, Gutiérrez (1983) realizó un perfil, dividiendo a la unidad en dos secciones. La sección inferior está compuesta por pelitas, principalmente limolitas con escasas argilitas negras, y areniscas finas grises, que desarrollan ciclos granodecrecientes. Presentan laminación ondulítica, ondulosa, flaser y planar en menor proporción. En la base de esta sección aparecen abundantes restos de invertebrados, con numerosas pistas de vermes (Gutiérrez *et al.* 1994). La sección superior está formada por una alternancia de paquetes granocrecientes gruesos a muy gruesos, tabulares, de areniscas medianas a gruesas de color gris claro, inmaduras composicionalmente, con estratificación y laminación horizontal y ondulítica; areniscas finas a medianas con estructuras tractivas y pelitas negras laminadas con elevado contenido de materia orgánica. Hacia el tope de la secuencia las pelitas contienen restos de flora.

En la quebrada Áspera, Gutiérrez (1983) describió una secuencia que comienza con pelitas oscuras y consiste en una alternancia de areniscas medianas, finas y pelitas, que culmina con areniscas gruesas cuarzosas y micáceas de colores claros. En esta secuencia reconoció cuatro facies sedimentarias y halló restos fósiles, en la porción inferior se trata de moldes de braquiópodos mal conservados y hacia el techo de restos de coníferas.

Los afloramientos hasta aquí descriptos corresponden a la Sección Superior descrita por Costas (1967), que consiste en una alternancia de areniscas gris verdosas con pelitas de color gris a gris oscuro. El espesor de los bancos llega a los 15-20 m, pero en promedio no supera el metro. Entre las areniscas distinguió areniscas feldespáticas de grano fino y mediano, además de grauvacas. Las primeras están compuestas por clastos de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, líticos metamórficos y volcánicos, micas, circón, apatita, turmalina, granate,

en una matriz fina compuesta por clorita, sericita y arcillas. Las grauvacas se diferencian por su mayor porcentaje de matriz. Halló un único banco conglomerádico de 10 a 15 m de espesor que hacia el tope pasa a una arenisca sabulítica cuarzosa, con clastos subredondeados irregulares y fragmentos líticos de volcanitas, granitos y metamorfitas.

Desde la antigua planta de la mina Arrequintín hacia el oeste se observa un cambio brusco en la actitud de los bancos de esta unidad. Mientras que hacia la desembocadura la secuencia se encuentra en posición subhorizontal, hacia las nacientes de la quebrada, los bancos adoptan una gran variación de actitudes debido al intenso fracturamiento y plegamiento al que se hallan sometidos, al oeste de la quebrada Áspera los bancos inclinan hasta 70°. Otro cambio, pero en este caso desde el punto de vista litológico, se da aproximadamente 2 km al oeste de la quebrada Áspera. Desde esta zona hasta Ojos de Agua afloran principalmente pelitas oscuras, alternando con bancos de areniscas. Corresponde a la Sección Inferior descrita por Costas (1967).

En el sector occidental predominan las areniscas que gradualmente van desapareciendo hacia el sector oriental. Las pelitas son masivas, oscuras, con fracturamiento irregular, la mayoría de las veces recristalizadas a hornfels de grado bajo. Las areniscas son de color gris verdoso, masivas y con fractura subconcoidea, están compuestas por clastos de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, laminillas de mica y fragmentos líticos. La matriz es muy fina y está compuesta por micas, clorita, arcillas y cuarzo, y representa un gran porcentaje de la roca, por lo que la autora mencionada las clasificó como subgrauvacas. Los planos de estratificación se observan esporádicamente y toda la sección está atravesada por abundantes venillas de cuarzo.

Estas sedimentitas están afectadas por metamorfismo de contacto debido a la intrusión del Plutón Agua Negra, observándose hornfels, pizarras y esquistos de bajo grado. Malizia *et al.* (1997) describieron pizarras y filitas formadas por mica blanca, sericita y clorita. La clorita se presenta en agregados de cristales que forman motas. En las cercanías de la granodiorita es muy común la presencia de turmalina. Según Costas (1967) el metamorfismo que afecta a estas rocas llega hasta el grado biotita, en la zona de contacto con las granodioritas. El metamorfismo puede seguirse hasta la desembocadura de la quebrada, afecta a las pelitas y a la matriz de las areniscas, pero no es tan intenso como para borrar las características originales de las sedimentitas.

El contenido paleontológico de esta unidad consiste en abundantes restos de fauna (tanto marina como continental) y flora fósil que han permitido estimar su edad. En función de los mismos la edad de la unidad es Carbonífera tardía hasta Pérmica inferior (Gutiérrez *et al.* 1994). El ambiente de sedimentación es mixto, la porción inferior de la misma está integrada por sedimentitas depositadas en un ambiente marino de plataforma, al ascender en la columna se registra una progresiva continentalización, con facies transicionales deltaicas hasta depósitos fluviales continentales. La porción inferior de la unidad es de origen marino y corresponde a depósitos de plataforma fangosa. La parte media y superior refleja la existencia de ciclos transgresivo-regresivos, que comprenden depósitos de plataforma arenosa proximal como depósitos de máxima transgresión, seguidos por ciclos deltaicos y sedimentos fluviales durante la máxima regresión.

Ciclo Magmático Permo-Triásico

La Cordillera Frontal sanjuanina se caracteriza por el gran volumen de magmatismo gondwánico ó neopaleozoico, denominado por Llambías *et al.* (1996), como Ciclo Magmático Choiyoi. Las volcanitas, intrusivos asociados y piroclastitas integran el Grupo Choiyoi. Los representantes hipabisales consisten en enjambres de diques dispuestos dentro

de los plutones (dentro del batolito de Colangüil, aflorante al norte de la zona estudiada) o intruyendo al Grupo Choiyoi y a la Formación Agua Negra.

Grupo Choiyoi

Los extensos afloramientos de rocas volcánicas de edad permo-triásica expuestos en la Cordillera de los Andes han recibido diferentes denominaciones a lo largo del tiempo. Groeber (1929) incluyó estas volcanitas en la “Serie Porfirítica Supratriásica” a la que luego denomina “Choiyolitense” (Groeber 1946) al referirse a las mismas en la Cordillera del Viento, en la provincia de Neuquén. Este último término ha sido el más arraigado en la literatura geológica. Posteriormente Yrigoyen (1972) asignó a estas rocas la jerarquía de Grupo. Sato y Llambías (1993) justificaron la denominación de Grupo Choiyoi, debido a la gran cantidad de términos locales existentes para referirse a estas rocas volcánicas. En la zona de Agua Negra, Groeber (1949) describió a estas volcanitas como pórfiros de composición mesosilíceas. El Grupo Choiyoi en la provincia de San Juan, aflora desde el río de Los Patos hacia el norte, por los cordones de Ansilta, La Totorá, Manrique, Olivares, Agua Negra, Colangüil y La Brea (Camino 1979). En las figuras 4 y 5 se observan afloramientos de volcanitas del Grupo Choiyos en las cercanías de la desembocadura de la quebrada San Lorenzo.



Figura 4. Afloramientos de volcanitas (andesitas) del Grupo Choiyoi, del Pérmico-triásico.



Figura 5. Afloramientos del Grupo Choiyoi erosionadas por la acción glaciaria (rocas aborregadas o cantereadas)

Se apoyan en discordancia sobre las sedimentitas de la Formación Agua Negra. Sato y Llambías (1993) describieron esta discordancia como una superficie subhorizontal y suavemente ondulada que puede observarse en la Cordillera Frontal, denominándola “Superficie de San Rafael”, ya que la misma se generó sobre las sedimentitas neopaleozoicas deformadas en el Pérmico inferior durante la Fase Orogénica San Rafael. Las volcanitas se disponen en forma de mantos subhorizontales de gran espesor.

El techo del Grupo Choiyoi se observa al sur del Paso del Agua Negra y en la cordillera de Olivares, en ambas zonas se encuentra cubierto en discordancia e intruido por cuerpos hipabisales del grupo Doña Ana (Malizia *et al.* 1997). Al sur de la quebrada de La Pirca, en la cordillera de Olivares, se encuentra cubierto en discordancia por volcanitas del Grupo Olivares.

El Grupo Choiyoi puede subdividirse en dos secciones, la inferior compuesta por andesitas y dacitas, con intercalaciones de lentes de origen sedimentario en la base, y la superior de composición riolítica. Malizia *et al.* (1997) dividieron al Grupo Choiyoi en tres secciones, la inferior sedimentaria, la media integrada por volcanitas mesosilíceas y la superior compuesta por volcanitas ácidas. En las figuras 4 y 5 se observan diferentes aspectos de esta unidad geológica.

En la base de la sección inferior se encuentran bancos lenticulares de sedimentitas que en general no superan los 20-30 m, pero pueden llegar hasta los 300 m de espesor. Son conglomerados, areniscas

gruesas y escasos bancos pelíticos, hacia el techo se intercalan brechas y aglomerados volcánicos. Son abundantes los clastos de andesitas y dacitas que indican una contemporaneidad con el desarrollo de los centros volcánicos. Por encima de las sedimentitas, se asientan mantos y coladas ignimbríticas y lávicas, que coalescen lateralmente y constituyen espesas sucesiones subhorizontales, cuyo espesor mínimo es de 800 m. Entre las nacientes de los arroyos del Agua Negra y Agua Blanca superan los 1.000 m de espesor. Las rocas que componen la sección inferior son de composición dominante andesítica a dacítica, aunque Malizia *et al.* (1997) reconocieron algunas riolodacitas.

En la quebrada del Agua Negra se observan afloramientos correspondientes a la sección inferior del Grupo Choiyoi. Los mismos corresponden a andesitas de color gris claro a violáceo que afloran desde la zona de Ojos de Agua hasta las nacientes de la quebrada. En el sector oriental se encuentran en contacto tectónico con la Formación Agua Negra y la Granodiorita Las Piedritas. En la mayor parte del área de estudio, estas rocas se disponen de manera subhorizontal, aunque se reconoce un aumento en la inclinación de los bancos en las zonas donde son afectadas por fallas inversas de alto ángulo. Presentan textura porfírica. Los fenocristales constituyen el 50 % de la roca y son principalmente de plagioclasa, cuyo tamaño no supera los 7 mm. Es destacable la presencia de *fiammes* que varían en longitud desde mm hasta 2 o 3 centímetros.

Las andesitas ubicadas al norte de la confluencia de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo (sobre ambos faldeos de la quebrada) presentan color gris claro con tonos verdosos, textura fluidal y escasos xenolitos. Muestran fuerte alteración propilítica, en forma subordinada silicificación y argilitización, además se encuentran atravesados por numerosos diques de composición riolítica.

La Sección Superior presenta escasas exposiciones en la zona, sus mejores afloramientos se encuentran en el Cerro Pata de Indio, al norte y fuera del área estudiada en este trabajo. Consiste en mantos ignimbríticos y pequeños cuerpos subvolcánicos riolíticos y riódacíticos, alojados en las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra, que contienen a su vez filones capa de riolita y microgranito. También aparecen numerosos diques riolíticos que cortan las andesitas de la Sección Inferior y a las sedimentitas de la Formación Agua Negra.

Los mantos ignimbríticos apoyan sobre las andesitas o directamente sobre la Formación Cerro Agua Negra, son subhorizontales, bien soldados, con escasa extensión lateral, con un espesor de 900 m en el Cerro Pata de Indio. Las riolitas son de color gris rosado, con textura porfírica, con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa, la pasta es microfelsítica. La Sección Superior aflora en las nacientes del arroyo del Agua Negra y en la parte alta de la quebrada de San Lorenzo.

Sato y Llambías (1993), a partir de análisis químicos clasificaron a las rocas de la Sección Inferior como andesitas silíceas y dacitas, con alto K y afinidad calcoalcalina. Las riolitas de la Sección Superior poseen alto K y son peraluminosas, además muestran alto enriquecimiento en LIL y menos marcado en HFS. Esto indica un alejamiento de las características calcoalcalinas y una evolución de intraplaca pobre en agua y rica en halógenos, como lo indica la presencia de fluorita. Además, los autores mencionados observaron gran concordancia entre el comportamiento químico de las rocas de la Sección Inferior y las granodioritas del Batolito de Colangüil.

A lo largo de la quebrada del Agua Negra se reconocieron varias zonas donde las andesitas del Grupo Choiyoi se encuentran afectadas por alteración hidrotermal. En la zona de la confluencia de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo, y hacia el norte, sobre ambos márgenes del primero de ellos, se desarrolla una importante zona de alteración, relacionada a un cuerpo subvolcánico que ha sido denominado Pórfido de Agua Negra. Las volcanitas presentan silicificación, propilitización, limoniti-

zación, con feldespatización y caolinitización más restringidas. El cuerpo subvolcánico es de color gris verdoso oscuro y composición andesítica a dacítica. Presenta silicificación moderada y feldespatización leve. Posee textura porfírica con predominio de fenocristales de plagioclasa, piroxeno y biotita, alterados con pasta afanítica.

Hacia el sur de la confluencia de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo, también se observan zonas de alteración en el Choiyoi. En la zona de los Morros Amarillos, las andesitas del Grupo Choiyoi se encuentran intruidas por cuerpos hipabisales de formas redondeadas.

Sato y Llambías (1993) obtuvieron una isocrona Rb/Sr de $289,2 \pm 19,3$ Ma (Pérmico temprano) para la Sección Inferior Andesítica. En la quebrada del Romo, la base de las andesitas está intruida por el plutón granodiorítico del Romo, datado en 264 ± 1 Ma por los mismos autores, confirmando una edad previa a la finalización del Pérmico inferior para esta sección. Malizia *et al.* (1997) obtuvieron una edad K/Ar de 287 ± 15 Ma (Pérmico inferior) para las andesitas aflorantes en la quebrada de San Lorenzo. Martin *et al.* (1999) obtuvieron dos edades K/Ar en volcanitas aflorantes en la zona del paso del Agua Negra, $281 \pm 6,0$ y $260 \pm 6,0$ Ma. La edad de la Sección Superior fue estimada por Sato y Llambías (1993), en la zona de la cordillera de Colangüil, donde obtuvieron una isocrona Rb/Sr de $247,6 \pm 3$ Ma (límite Pérmico-Triásico), a partir del análisis de diques riolíticos.

Cuerpos Intrusivos permo-triásicos (Plutón Agua Negra)

El batolito de Colangüil es una extensa unidad magmática que se localiza en el sector norte de la Cordillera Frontal de San Juan, entre los 29° y 31° de latitud sur, cubriendo una superficie de 2.800 km². Se formó durante dos periodos magmáticos, el primero durante el Carbonífero y el segundo durante el Pérmico-Triásico inferior, con la intervención de la Fase Orogénica San Rafael en el Pérmico inferior basal. El único registro del primer pulso magmático lo constituye la Granodiorita Tabaquito (329-326 Ma). Luego de un período sin registro de actividad, la misma se reinició a los 272 Ma, este pulso magmático es contemporáneo con el Ciclo Magmático Choiyoi. Las rocas correspondientes a este período consisten en plutones granodioríticos y graníticos, cuerpos subvolcánicos riolíticos y enjambres de diques silíceos y máficos. Las granodioritas son contemporáneas con las andesitas, que pertenecen a la Sección Inferior del Grupo Choiyoi y los granitos

con las riolitas de la Sección Superior de dicho grupo (Sato y Llambías 1993). Las rocas de caja del batolito son, en el sur, las sedimentitas correspondientes a la Formación Agua Negra, deformadas durante la Fase Orogénica San Rafael, y en el norte areniscas y luti-

tas plegadas, de edad Carbonífera inferior (Llambías y Sato 1995). En el área estudiada en este trabajo afloran granodioritas pertenecientes al Plutón Agua Negra, el cual forma parte de la Granodiorita Las Piedritas (Fig. 6).



Figura 6. Afloramientos de granitoides pérmicos.

Costas (1967) estudió los afloramientos del Plutón Agua Negra, caracterizándolos petrográficamente y geoquímicamente. Diferenció una fase principal granodiorítica de grano medio a grueso y una subordinada granítica de grano fino a medio. Llambías y Sato (1990) la incluyeron dentro de una nueva unidad denominada Granodiorita Las Piedritas. Bajo esta denominación, Llambías y Sato (1995) reunieron a todas las granodioritas pertenecientes al Batolito de Colangüil, ya que resultan similares composicional y texturalmente, y constituyen las rocas más antiguas del Ciclo Magmático Permo-Triásico.

En el área de estudio, el Plutón Agua Negra aflora en el tramo medio de la quebrada homónima. Intruye a las sedimentitas de la Formación Agua Negra. Su contacto oriental se encuentra aproximadamente 1 km al este de La Estrechura, mientras que el occidental se ubica en la zona de Ojos de Agua. Se extiende a lo largo de aproximadamente 5 km sobre ambas márgenes de la quebrada, cubriendo una superficie aproximada de 5,4 km². Es una granodiorita

de color gris rosado y tamaño de grano mediano a grueso. Presenta contactos netos con la roca de caja y puede distinguirse claramente el techo del plutón. En el sector oriental se observa el contacto entre la granodiorita y la roca de caja. Esta se encuentra atravesada por abundantes venas y diques, y afectada por metamorfismo de contacto. El tramo occidental se encuentra truncado por una falla de rumbo NNE-SSO que lo pone en contacto con las andesitas de la Sección inferior del Grupo Choiyoi.

La granodiorita presenta textura granosa hipidioromorfa y está compuesta por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, abundante biotita y anfíbol en cristales que varían entre 3 y 9 mm. Posee xenolitos redondeados que corresponden a rocas de textura granosa fina de composición mesosilícica, cuyo tamaño es menor a 4 cm. La plagioclasa, de composición andesina, se encuentra muy alterada a sericita. Los granos de cuarzo presentan extinción ondulosa. El feldespato potásico es ortosa anhedral con desarrollo de perfitas filiformes homogéneamen-

te distribuidas. La biotita es parda, altamente pleocroica y se encuentra alterada a clorita y epidoto. El anfíbol consiste en prismas de hornblenda con leve pleocroismo. Los minerales accesorios son apatita, circón, magnetita y escasa titanita. Quartino y Zardini (1967) y Costas (1967) distinguieron en el Plutón Agua Negra granitos, además de las granodioritas antes señaladas. Los granitos descriptos por estos autores son de grano fino a mediano, de color rosado, con textura granosa hipidiomorfa. Están compuestos por plagioclasa subhedral y zonal, ortosa perfitica y cuarzo anhedral. Es común la presencia de biotita muy alterada a clorita, epidoto, calcita y óxidos de hierro. Entre los accesorios mencionan apatita, circón, titanita, magnetita y escasa turmalina.

Los afloramientos se encuentran muy fracturados, con tres juegos de diaclasas, uno de rumbo 20°-40° subvertical, con relleno de clorita cuarzo y epidoto, el segundo de rumbo 110°-130°, también subvertical y relleno de calcita y el tercero horizontal, relleno con material fino. Existen numerosos diques, principalmente ácidos, alojados en estas fracturas.

Esta granodiorita fue emplazada con posterioridad a la Fase Orogénica San Rafael, intruyendo a las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra, deformadas durante dicho evento tectónico (Llambías y Sato 1990). No se han realizado dataciones sobre el Plutón Agua Negra, pero las dataciones realizadas sobre el resto de los plutones que integran esta unidad por Sato y Llambías (1993) y Llambías y Sato (1995), lo asignan al intervalo 260-272 Ma. A partir del estudio de los diferentes plutones que integran la Granodiorita las Piedritas.

Diques del Ciclo Magmático Pérmico-Triásico

Esta unidad incluye una serie de enjambres de diques emplazados durante el Ciclo Magmático Pérmico-Triásico. Los diques han sido descriptos en numerosos informes mineros (como por ejemplo T.E.A. Compañía Minera 1969) y en estudios de carácter petrológico (Costas 1967; Quartino y Zardini 1967; Sato *et al.* 1990, entre otros). Costas (1967) dividió los diques aflorantes en la quebrada del Agua Negra en diques emplazados en las sedimentitas neopaleozoicas y diques emplazados en las granodioritas. Estos cuerpos intruyen al Grupo Choiyoi, a la Granodiorita Las Piedritas y a la Formación Agua Negra. Se disponen paralelamente al eje del Batolito, en posición subvertical y están organizados en un sistema lineal.

Composicionalmente predominan ampliamente los diques ácidos (riolíticas) y en menor proporción

(alrededor de un 10 %) se encuentran los diques máficos. El espesor de los diques de composición riolítica varía entre 3 y 50 m. Los diques máficos son más delgados y cortos con espesores variables comprendidos entre 0,5 y 4 m y longitudes de unos pocos centenares de metros. Con frecuencia ambos tipos muestran un diseño en echelón.

Costas (1967) describió en la zona estudiada los diques que afectan a las sedimentitas de la Formación Agua Negra, dividiéndolos en tres grupos en base a su composición. El primer grupo está compuesto por diques ácidos, el segundo mesosilícicos y el tercero por diques híbridos. Los diques ácidos son los más potentes llegando a 50-60 m de potencia y corridas de cientos de metros. Distinguió dentro de este grupo pórfiros graníticos y leucogranitos. Los diques mesosilícicos varían en composición desde microdioritas piroxénicas hasta andesitas y pórfiros andesíticos alterados. Los diques híbridos son muy heterogéneos textural y composicionalmente, variando entre monzoníticos y granodioríticos.

Por su parte, los diques que intruyen a la granodiorita son predominantemente ácidos y composicionalmente corresponden a microgranitos y aplitas, y en menor cantidad andesíticos. Finalmente, las andesitas del Grupo Choiyoi están intruidas por diques riolíticos y andesíticos. Los riolíticos son de color rojizo y textura porfírica, afloran a lo largo de la mayoría de la quebrada, presentan orientación N-S con longitudes de centenas de metros y espesores de 2 a 10 m. Los andesíticos son gris verdosos con textura porfírica y escasos fenocristales de plagioclasa anhedral corroídos por la pasta que es afanítica (Belvideri *et al.* 1998). Llambías y Sato (1995) obtuvieron una edad Rb/Sr de $247,6 \pm 3,0$ Ma. (Triásico temprano) para los diques ácidos que intruyen al Grupo Choiyoi.

Grupo Doña Ana

Esta unidad fue definida por Thiele (1964) como Formación Doña Ana, para referirse a una secuencia de andesitas y basaltos que afloran en la cordillera de Doña Ana, en territorio chileno. Maksaeve *et al.* (1984) en Chile, redefinieron a la Formación Doña Ana y la dividieron en dos miembros, Tillito y Escabroso. Martín y Clavero (1995) y Martín *et al.* (1997a), en un estudio realizado en la Faja Volcánica del Indio, en Chile, redefinieron a Doña Ana como Grupo y a los miembros como Formaciones. Malizia *et al.* (1997) describieron al Grupo Doña Ana en la Cordillera Frontal sanjuanina, brindando información sobre su distribución, petrografía y ca-

racterísticas geoquímicas. Cardó *et al.* (2005) reconocieron esta unidad, aunque la denominaron como Formación Doña Ana. Esta unidad aflora a lo largo de la cordillera de Los Andes en la zona fronteriza entre Argentina y Chile, apoyando de manera discordante sobre las rocas más antiguas y alcanzando espesores de 2.000 metros (Maksaev *et al.* 1984).

El Grupo Doña Ana, en la zona abarcada por este estudio, apoya de manera discordante sobre las volcanitas pertenecientes al Grupo Choiyoi y está cubierta parcialmente por el grupo Olivares y diferentes depósitos cuaternarios.

Ha sido dividida en dos formaciones, Tillito y Escabroso. La Formación Tillito es la más antigua, está integrada por tobas e ignimbritas riolíticas y dacíticas, riolitas, dacitas y escasas intercalaciones andesíticas y basálticas. Presenta colores claros, pardo rojizo, gris amarillento e importantes áreas de alteración. La Formación Escabroso se dispone de manera discordante sobre la Formación Tillito. Está compuesta por lavas, lavas brechosas andesíticas, aglomerados, brechas andesíticas, lavas basálticas y algunos niveles de dacitas. Presenta color gris verdoso, verde, gris azulado y morado, y escasas intercalaciones de areniscas rojas. Martin *et al.* (1997b) describieron además brechas de colapso volcánico, brechas autoclásticas, depósitos de surge y rocas volcaniclásticas. La porción basal contiene escasas intercalaciones de tobas riolíticas a dacíticas.

En la zona de estudio se ubica por encima de los 4.800 m s. n. m. y se ha considerado en conjunto sin subdividirla. Aflora en el extremo norte de la cordillera de Olivares, en el tramo limitado por el arroyo La Pirca por el sur y el arroyo San Lorenzo por el norte. En la zona del límite internacional, se reconoce desde la zona del paso del Agua Negra, atravesando las nacientes de la quebrada de San Lorenzo hasta el cerro Olivares en el sur.

Belvideri *et al.* (1998) describieron al sur del paso del Agua Negra, afloramientos de tobas e ignimbritas riolíticas, de color gris con tonos rosados y morados. Presentan textura porfirica y aspecto fluidal compuestas por fenocristales de cuarzo, feldespato alcalino, escasa plagioclasa y máficos alterados en pasta afanítica, en sectores vítreos. Son comunes los xenolitos de rocas porfiricas. Presenta alteración propilítica débil y argílica, con parches de calcita y epidoto rellenando vesículas. Estos afloramientos corresponderían a la Formación Tillito. Con respecto a la Formación Escabroso, Malizia *et al.* (1997) reconocieron escasos afloramientos de la misma en las zonas más elevadas de la cordillera, como en

la cumbre del cerro Olivares (6.220 m) y los picos ubicados al norte del mismo, en cotas superiores a los 5.800 m s. n. m. Está compuesta por andesitas y traquiandesitas, con escasas intercalaciones de basaltos y dacitas. Son comunes las andesitas piroxénicas, de color gris oscuro y textura porfirica, compuestas por fenocristales de plagioclasa, piroxeno y minerales opacos, con anfíbol subordinado. La pasta presenta textura hialopilitica, con microlitos de plagioclasa, feldespato alcalino en poca proporción y minerales opacos en una mesostasis vítrea. Martin *et al.* (1997a) mapearon un pequeño afloramiento de la Formación Escabroso al norte de las nacientes de la quebrada de San Lorenzo.

A partir de diversas dataciones, la parte inferior de esta unidad, correspondiente a la Formación Tillito, es de edad oligocena tardía a miocena basal (entre 27 y 21 Ma). Con respecto a la parte superior (correspondiente a la Formación Escabroso) las edades obtenidas por diversos autores permiten asignarla al Mioceno inferior, con edades comprendidas entre 21 y 16,9 Ma (Maksaev *et al.* 1984, Martin y Clavero 1995 y Martin *et al.* 1997a, 1997b).

Grupo Olivares

Bastías (1991) agrupó a volcanitas y rocas asociadas neógenas en el Grupo Olivares en la zona de la cordillera homónima. Este autor sugirió una continuación de este magmatismo en la cordillera de Olivares, donde identificó una estructura de caldera de 8 km de diámetro. Dividió al Grupo Olivares en tres formaciones, estableciendo además su distribución, características petrológicas y relaciones estratigráficas, sin contar con datos radimétricos como para ubicarlas temporalmente. Charchaflié (1994) realizó un perfil de estas volcanitas en el tramo medio de la quebrada de Chita, caracterizándolas petrográficamente y geoquímicamente. Cardó *et al.* (2005) reconocieron esta unidad refiriéndose a la misma como Formación Olivares.

El Grupo Olivares constituye una potente secuencia de rocas volcánicas, piroclásticas y cuerpos subvolcánicos que afloran en la cordillera de Olivares desde el arroyo del Agua Negra por el norte hasta el río San Francisco por el sur. Afloramientos de basaltos andesíticos pertenecientes a esta unidad aparecen al SO de la cordillera de Olivares, en la zona de los ríos Melchor, Los Patillos y Atutia. Apoya discordantemente e intruye a las unidades previas, en el sector sur. En la zona de la quebrada de Las Leñas sobreyace a las volcanitas del Grupo Choiyoi, mientras que en el sector norte se apoya sobre las

sedimentitas de la Formación Agua Negra, como se observa en las quebradas de Chita (Charchaflíe 1994; Bastías 1991) y del Agua Negra.

En el área estudiada los afloramientos más extensos de esta unidad se encuentran en la cordillera de Olivares, al sur de la quebrada del Agua Negra, aunque en la ladera norte, pueden distinguirse afloramientos de la misma en la cumbre de la cordillera del Agua Negra. Su espesor es superior a los 1.000 m, ya que se desarrolla entre los 5.000 m s. n. m. y los picos más elevados de la cordillera de Olivares que alcanzan los 6.200 m s. n. m. Se encuentra en posición subhorizontal y está cubierta por depósitos cuaternarios de origen glaciario y criogénico.

Tal como se dijera, Bastías (1991) diferenció tres formaciones basándose en las características petrográficas que muestran estas rocas. La Formación Poposa es la unidad más antigua, presenta un espesor que varía entre 200 y 300 m. Está compuesta por rocas tobáceas (riolíticas), con algunos mantos basálticos, tobas soldadas y brechas piroclásticas. Hacia la parte superior aparecen mantos de andesitas de color gris claro o verdoso, con abundante pasta y fenocristales de anfíbol y plagioclasa. Asimismo, se observan brechas extremadamente caóticas originadas por flujos piroclásticos o laháricos en la quebrada de Poposa. En general esta formación se encuentra muy alterada, principalmente en la zona de la caldera que se desarrolla la cordillera de Olivares, donde muestra alteración argílica avanzada, intensa silicificación y mineralización de sulfuros diseminados, e inclina entre 15° y 20° al oeste.

La Formación Barrancas del Olivares suprayace a la anterior. Su espesor varía entre 600 y 700 m y se dispone de manera subhorizontal. Está compuesta principalmente por coladas andesíticas de color gris violáceo y mantos tobáceos bien estratificados de color gris verdoso. Contiene abundantes brechas volcánicas con grandes bloques de composición andesítico-dacítico y matriz tobácea (Bastías 1991).

La unidad más joven, denominada Formación Volcancitos, está constituida por un conjunto de emisiones lávicas e intrusiones vetiformes puntuales, que se localizan en el borde oriental del Complejo Volcánico Olivares. Está compuesta por andesitas de textura porfirica y color verdoso que presentan alteración propilítica, argílica y silíceo. Bastías (1991) describió a los volcanes Novillos y Bonito como los que presentan mayores volúmenes lávicos, recalando que los aparatos volcánicos y textura de las coladas se encuentran muy bien preservadas. Este autor también reconoció en la periferia del complejo,

dentro del ambiente de basamento paleozoico, domos volcánicos, derrames lávicos andesíticos con mantos de tobas estratificadas y basaltos olivínicos.

Asociados a estas rocas volcánicas se desarrollan una serie de stocks y diques que intruyen tanto a la secuencia volcánica como a las rocas más antiguas. Se trata de pórfidos andesíticos y dacíticos, diques félsicos y granodioritas leucocráticas. En la zona abarcada por este trabajo los afloramientos de esta unidad se desarrollan por encima de los 5.000 metros sobre el nivel del mar.

Aparicio (1975) asignó a esta unidad al Terciario superior-Cuaternario inferior. Bastías (1991) estimó que el Grupo Olivares se originó durante el intervalo Oligoceno-Pleistoceno. Vitallier (1994) a partir del análisis petrográfico y geoquímico de la Formación Volcancitos, concluyó que esta unidad constituye el término más diferenciado del volcanismo, producido con posterioridad al engrosamiento cortical, cuya edad se calcula que varía entre 4 y 8 Ma. Charchaflíe (1994) sobre la base de datos geoquímicos consideró que las formaciones Poposa y Barrancas del Olivares son correlacionables con la Formación Cerro de las Tórtolas, ambas pese a su variabilidad litológica correspondientes a un mismo evento desarrollado entre los 16,6 y 10 Ma., asignándole una edad Miocena media superior. Finalmente, Heredia *et al.* (2002) asignaron a esta unidad una edad Miocena-Pliocena, considerándola correlacionable con la Serie Superior de la Formación Cerro de Las Tórtolas (Ramos *et al.* 1987).

Depósitos Cuaternarios

En la descripción siguiente se hace referencia principalmente a la litología y distribución de los depósitos cuaternarios, con una breve mención sobre sus antecedentes y edad, debido a que se tratará más detalladamente su origen en el Capítulo 7 de Geomorfología.

Depósitos Glaciares y Glacifluviales

Los depósitos glaciares se reconocen en los laterales de la quebrada del Agua Negra y en las quebradas tributarias desde la zona de Bordo Atravesado-Ojos de Agua, a una cota de 3.300 m s. n. m., hasta las nacientes de la quebrada, por encima de los 4.500 m s. n. m. Muestran diferentes grados de preservación, estando mejor representados los que se encuentran en las cercanías de los glaciares existentes en la actualidad.

A lo largo de la quebrada del Agua Negra se reconocen depósitos de gran espesor. La morena

frontal reconocida en la zona de Ojos de Agua supera los 25 m de espesor y las morenas laterales ubicadas aguas arriba, en la zona de la quebrada Amarilla, superan los 40 m. Aguas arriba de la confluencia con la quebrada de La Pirca se reconocen también depósitos glaciarios, parcialmente cubiertos por depósitos fluviales, de remoción en masa y criogénicos. Hacia el frente del glaciar Agua Negra se observa el till más reciente depositado por ese glaciar.

A lo largo de las quebradas tributarias al arroyo del Agua Negra, que descienden de la cordillera de Olivares, se reconocen también depósitos glaciarios, los más potentes se encuentran en las quebradas Áspera y de La Pirca, donde superan los 50 m de potencia. Los depósitos glaciarios morénicos o till, son conglomerados levemente consolidados, compues-

tos por clastos angulosos, mal seleccionados, con abundante matriz limo-arcillosa que corresponden a la categoría de paraconglomerados ó diamictos. La composición de los clastos incluye todas las litologías aflorantes en los laterales de la quebrada, si bien predominan los granitoides y volcanitas. Los bloques son facetados y generalmente poseen menos de 1 m de diámetro.

La matriz presenta coloración castaño claro y no presentan estratificación. En muchos casos se conserva la morfología original del depósito, pudiendo reconocerse morenas laterales, frontales y de fondo. Es difícil acceder a cortes donde se exponga un perfil de los depósitos, ya que se encuentran cubiertos por depósitos fluviales, glaci-fluviales ó de remoción en masa (Fig. 7).



Figura 7. Depósitos glaciarios (till) cuaternarios sobreyaciendo a depósitos glaci-fluviales.

Los depósitos glaci-fluviales reconocidos en la zona, se encuentran expuestos en el tramo inferior de la quebrada del Agua Negra, como niveles aterrazados en los laterales de la misma. Además, al pie del glaciar Agua Negra se desarrollan los depósitos que constituyen la planicie glaci-fluvial actual. Los depósitos glaci-fluviales aterrazados están compuestos por conglomerados mal seleccionados, con abundante matriz areno-pelítica.

Sobre el lateral sudoccidental de la ruta nacional 150 se encuentra un perfil expuesto, de dos metros de espesor, el que se observan conglomerados mal seleccionados, levemente consolidados, compuestos por clastos redondeados cuyo tamaño varía entre 5 cm y bloques de hasta 1 m. La composición de los clastos incluye todas las litologías aflorantes en

los laterales de la quebrada. La matriz, de textura areno-pelítica, presenta color castaño claro y es muy abundante. Además, se encuentran algunas intercalaciones pequeñas lenticulares de escasa continuidad lateral, compuestas por conglomerados matriz sostén. La composición de los clastos es similar a los anteriores, pero su tamaño no supera los 7 cm. Presentan cierta estratificación grosera, aunque los niveles de conglomerados carecen de estructuras sedimentarias. Los depósitos glaci-fluviales actuales están compuestos por conglomerados con clastos angulosos, matriz sostén, cuyo tamaño varía entre 30 cm hasta la fracción arena.

No existen dataciones de los depósitos glaci-génicos de la zona. Para la misma latitud, Caviedes y Paskoff (1975) asignaron a los depósitos glaciarios

preservados en la cuenca superior del río Elqui, al Pleistoceno medio y Pleistoceno Tardío, al correlacionarlos con la Penúltima y Última Glaciación. Realizar una correlación de estos últimos depósitos con los de Agua Negra, sería arriesgado, principalmente si se considera que en Chile no se dataron las morenas, solo se las asignó a dichos episodios glaciarios en base a sus características morfológicas. A partir del buen grado de preservación de las geomorfías y su localización altitudinal las morenas más bajas podrían corresponder a la Última Glaciación, y las más altas al Tardiglacial o al Neoglacial. Por lo tanto, la edad de los depósitos glaciarios de la zona, se asigna, tentativamente, al Pleistoceno-Holoceno.

Depósitos Pedemontanos

Esta unidad involucra a los depósitos pedemontanos desarrollados en el frente montañoso de la Cordillera Frontal, generados a partir de abanicos aluviales que descienden hacia la depresión de Barreal-Rodeo conformando un típico ambiente de bajada. Está integrada por espesas secuencias psefiticas, cuyo espesor aumenta hacia el este, al alejarse del área de aporte. Son conglomerados inconsolidados con matriz arenosa gruesa. Los clastos varían desde tamaño guija hasta bloques que superan los 30 cm. Litológicamente están

compuestos por todas las litologías aflorantes en la quebrada del Agua Negra, adquiriendo tamaños mayores los de granitos y areniscas. La composición de la matriz es similar a la de los clastos mayores. Los bancos alcanzan hasta 50 cm de espesor y son generalmente macizos y de aspecto caótico. Si bien puede apreciarse una grosera alineación. Se reconocen, además, intercalaciones lenticulares de 15 a 20 cm de espesor, compuestas por conglomerados clasto-sostén, de composición similar a los anteriores, aunque el tamaño de los clastos no supera los 7 cm. La mayoría de los clastos son elongados y se disponen paralelamente al eje de las lentes. Las lentes son macizas, aunque se reconocieron algunas con estratificación planar.

Estos depósitos corresponden a abanicos aluviales coalescentes que descienden de la Cordillera Frontal (Fig. 8). Alcanzan grandes dimensiones y se reconocen por lo menos dos niveles de bajadas. Con respecto a la edad de los mismos, no se cuenta con datos absolutos. La mayoría de los autores, sugieren una edad Pleistocena y suponen que su génesis estaría vinculada con las glaciaciones en la Cordillera Frontal (Kokot 1998) si bien deberían tenerse la actividad tectónica del frente montañoso de la Cordillera Frontal a estas latitudes. Se los considera como de edad Pleistocena-Holocena.



Figura 8. Depósitos cuaternarios pedemontanos correspondientes al menos a dos niveles de bajadas ubicadas en la salida de la quebrada de Agua Negra.

Depósitos de Remoción en Masa

Los depósitos originados por movimientos de remoción en masa son abundantes a lo largo de toda el área de estudio. Se reconocen en los laterales de la quebrada del Agua Negra y en las quebradas tributarias. El tamaño y forma de los depósitos y su composición varían dependiendo del proceso que les dio origen, reconociéndose depósitos originados por deslizamientos y por flujos de detritos. En general están compuestos por brechas y gravas levemente consolidadas, con mala selección y disposición caótica de los clastos. La composición monolitológica refleja las rocas aflorantes en el área de aporte, exceptuando los flujos de detritos que movilizan depósitos glaciarios y glacifluviales previos. En general, se trata de depósitos matriz sostén cuyo tamaño varía entre arena y bloques de grandes dimensiones.

El depósito generado por un flujo de detritos ubicado al pie de una quebrada tributaria a la del Agua Negra por el norte está compuesto por fragmentos angulosos de sedimentitas de la Formación Agua Negra, con escasos clastos de volcanitas de color violáceo del Grupo Olivares y escasos granitos. El tamaño de los clastos varía entre 1 y 50 cm, aunque la media oscila entre 15 y 20 cm. Los clastos muestran distribución caótica y se encuentra inmersos en abundante matriz amarillenta, tamaño limo-arcilla. La tipología de los procesos de remoción en masa asociados a las diferentes acumulaciones observadas en la zona, serán consideradas en detalle en el Capítulo 7 de Geomorfología.

Con respecto a la edad, al igual que en los casos anteriores, no se cuenta con datos absolutos. Por su buen grado de preservación y su relación de discordancia con depósitos glaciarios y glacifluviales, se los considera postglaciales. Por lo tanto, se los asigna al Holoceno. Debe destacarse que actualmente, durante la época estival se desarrollan flujos de detritos a lo largo de toda el área de estudio.

Depósitos Criogénicos

Esta unidad incluye los depósitos de glaciares de rocas y otras formas menores asociadas a procesos de gelifluxión. Los glaciares de rocas están compuestos por clastos angulosos y mal seleccionados, cuyo tamaño y composición varía dependiendo del área de aporte. El frente de los glaciares de rocas activos es muy abrupto, adquiriendo el ángulo de reposo de las partículas. La superficie de los glaciares de rocas activos está cubierta por una capa de granulometría más gruesa, que corresponde a la capa activa que se congela y descongela estacionalmente. Algunos

glaciares rocosos evolucionan a partir de depósitos glaciarios (morenas laterales), mientras otros lo hacen a partir de acumulaciones coluviales. Otra característica que se observa en su frente es el desarrollo de detrito estratificado, que será tratado en el Capítulo 7 de Geomorfología. Según Corte (1983) presentan selección granulométrica, característica de los ambientes geocriogénicos. Este autor postula que, en la base de la capa activa, se reconoce gradación inversa de los clastos. Son postglaciales y se generan como consecuencia del ambiente criogénico al que está sometida la zona. Consecuentemente, se sugiere para estos glaciares de rocas una edad holocena, ya que la mayoría presentan evidencias de actividad.

Depósitos Aluviales y Coluviales

Esta unidad incluye los depósitos de planicies aluviales y canales de los cursos tributarios del arroyo del Agua Negra. Además, incluye los depósitos de abanicos aluviales, desarrollados en la mayoría de las desembocaduras de las quebradas tributarias y los depósitos de conos de talud ubicados en los laterales de las quebradas, incluyendo la del Agua Negra. Los depósitos de planicies aluviales consisten en acumulaciones de escaso espesor compuestas por conglomerados inconsolidados, con porcentaje variable de matriz. Los clastos varían de tamaño y de composición litológica. En el primero de los casos, desde tamaño bloque a gravilla. En relación al segundo aspecto, dependiendo de la litología aflorante en los laterales de las quebradas. De manera general, en el tramo inferior de la quebrada los clastos están compuestos principalmente por fragmentos mayores de areniscas y menores de pelitas provenientes de las sedimentitas del Paleozoico, con menor participación de volcanitas y plutonitas. Esto último se reconoce en la quebrada Áspera, de Las Mulas y de Las Tranquitas de Abajo. En el tramo superior de la quebrada, la mayor cantidad de clastos proviene de la meteorización de las volcanitas de los Grupos Choiyoi y Doña Ana (Fig. 9).

Los depósitos de abanicos aluviales se reconocen en los laterales de la quebrada del Agua Negra, desde sus nacientes hasta las cercanías de la desembocadura. La mayoría se encuentran atrincherados y erosionados en su porción distal por el arroyo del Agua Negra, lo que facilita su estudio. Están compuestos por espesas acumulaciones levemente consolidadas, de conglomerados mal seleccionados, con grosera estratificación, marcada por la superposición de niveles conglomerádicos de 30 a 40 cm de espesor.



Figura 9. Depósitos aluvio coluviales cubriendo parcialmente morenas (geoformas de acumulación glaciaria) al pie de la pendiente.

Al igual que en el caso anterior, la composición litológica de los clastos depende del área de aporte. Los clastos varían de angulosos a redondeados y un gran porcentaje son prolados u oblados. Presenta abundante matriz limo-arenosa de color castaño claro. Los materiales de mayores dimensiones pueden alcanzar hasta un metro de diámetro y en parte se trata de bloques glaciarios retransportados. El espesor de estos depósitos supera los 10 m en los abanicos de mayores dimensiones. Los abanicos mayores se encuentran en la zona de Ojo de Agua y en la zona aledaña a la desembocadura del arroyo San Lorenzo.

Los depósitos de conos de talud están compuestos por paraconglomerados, integrados por clastos angulosos mal seleccionados, cuya composición depende del aporte. En los grandes conos de talud se reconoce de manera similar que, en los abanicos aluviales, una grosera estratificación generada por superposición de flujos de detritos. La diferencia entre ambos consiste en que el material en los conos es muy anguloso y monomítico. Todos estos depósitos son asignados al Holoceno, ya que son postglaciales.

Depósitos de Planicies Aluviales y Niveles de Terrazas de Cursos Principales

Esta unidad incluye los depósitos de planicies aluviales y terrazas fluviales de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo. Estos depósitos están compuestos por espesas acumulaciones de grava y arena gruesa. Los clastos son angulosos, con pobre selección e incluyen a todas las litologías afloran-

tes en la zona de estudio. El tamaño de los clastos varía entre 10 y 15 cm, hasta la fracción arena. Los depósitos fluviales aterrazados se distribuyen de manera saltuaria en los laterales de las quebradas de Agua Negra y San Lorenzo. En el tramo inferior de la quebrada de Agua Negra, aguas abajo del puesto de gendarmería Guardia Vieja, se observa un perfil de aproximadamente 2 m de espesor. El depósito está compuesto por bloques y rodados de volcanitas, sedimentitas y granitos, cementados por material limo-arcilloso de color gris, alternando con conglomerados con matriz arenosa, con clastos redondeados de composición similar. Además, se intercalan pequeñas lentes areno-pelíticas y areno-gravilosas. El espesor de los bancos oscila entre 30 y 40 cm, mientras que las lentes no superan los 10 cm. Se asume para los depósitos de planicies aluviales y niveles de terrazas fluviales una edad Holocena.

6. ESTRUCTURA

Este segmento de la Cordillera de los Andes constituye un orógeno de tipo andino, vinculado a subducción de corteza oceánica por debajo de corteza continental (Ramos, 1999). El área estudiada se ubica en el Segmento de Subducción Subhorizontal de Los Andes Centrales (Jordan *et al.* 1983) o Segmento Subhorizontal Pampeano (Gansser 1973), que se extiende entre los 27° y 33°30' de latitud sur. Posee características particulares dentro de los Andes Centrales, condicionadas por el bajo ángulo

de inclinación de la zona de Wadati-Benioff. Uno de los rasgos más importantes es la ausencia de volcanismo activo a lo largo del arco magmático. Otros rasgos que lo caracterizan son la fragmentación del antepaís debido al levantamiento de las Sierras Pampeanas y una intensa actividad sísmica. Esto último se evidencia por la presencia de fallas activas y de un frente neotectónico que deforma los sedimentos cuaternarios pedemontanos, que en muchos casos se encuentran cabalgados por rocas más antiguas. La gran elevación de la cordillera a lo largo de este segmento es también una consecuencia de la geometría de la zona de subducción, que genera un gran acortamiento tectónico. La horizontalización de la placa se dio de manera progresiva desde el Mioceno, debido a la colisión de la dorsal asísmica de Juan Fernández, con el margen pacífico. Esto ha generado las características distintivas mencionadas previamente, el monto de la migración del arco ha sido de 700 km desde la trinchera oceánica (Kay *et al.* 1991).

La situación estructural de la región no ha tenido estudios detallados debido a que la mayoría de los trabajos realizados son de índole regional Cardó *et al.* (2005). Rodríguez Fernández *et al.* (1996 y 1999) y Heredia *et al.* (2002) describieron la situación geológica y estructural a escala regional, incluyendo al área en estudio. Estos autores realizaron tres perfiles estructurales al sur de la quebrada del Agua Negra, transversales a las estructuras más importantes. El más cercano de estos perfiles cruza por el cerro Cortadera, al sur del área estudiada. Propusieron un estilo de deformación donde involucran al basamento, de tipo *thick skinned* marcado por cabalgamientos, fallas inversas y despegues en profundidad. En los otros dos perfiles estructurales muestran fallas inversas de alto ángulo que fueron invertidas durante la compresión andina, las mismas poseen inclinaciones hacia el oeste y vergencia hacia el este.

En el área de estudio las estructuras más importantes son fallas de dirección predominante N-S, con inclinación hacia el oeste e involucrando al basamento pre-Choiyoi. En los bloques donde aflora la Formación Cerro Agua Negra, se pueden reconocer corrimientos y pliegues asociados que no afectan a las volcanitas permo-triásicas. Esta estructuración indica que ha habido dos eventos deformacionales de carácter compresivo en los Andes Centrales, denominados Orogenia Gondwánica y Andina (Ramos 1988). Entre ambos períodos compresivos ha existido uno de carácter extensional responsable de la formación del Grupo Choiyoi (Heredia *et al.* 2002

y Rodríguez Fernández *et al.* 1999).

Las estructuras identificadas en la zona corresponden a la Orogenia Andina, aunque pueden constituir reactivaciones de estructuras previas. Existen lineamientos de grandes longitudes, con orientación NO-SE, descritos por Bassi (1988) y Baldi *et al.* (1990), que condicionan el desarrollo morfológico de la quebrada de Agua Negra y de las quebradas que se encuentran al norte y sur de la misma. Las estructuras de primer orden reconocidas en la zona de estudio son fallas inversas y lineamientos estructurales. En la zona norte del área de estudio, en el cerro San Lorenzo, se observa una falla inversa de alto ángulo de dirección norte-sur, responsable del levantamiento de dicho cerro. Esta falla posee inclinación hacia el oeste y dirección de transporte tectónico hacia el este, poniendo en contacto tectónico a las volcanitas del Grupo Doña Ana sobre las del Grupo Choiyoi. Hacia el poniente de esta falla, se observa otra estructura similar a la anteriormente descrita, con orientación NNO-SSE, que corresponde a una ramificación de la anterior. Se trata de una falla inversa de alto ángulo, que repite al Grupo Doña Ana y que posee la misma vergencia que la falla principal del cerro San Lorenzo.

Hacia el centro de la quebrada del Agua Negra se observan dos estructuras de orientación NNE-SSO. La que se encuentra al oeste de la quebrada Amarilla es la denominada falla Castaño-Las Leñas por Heredia *et al.* (2002), la cual es de carácter regional y se extiende a lo largo de decenas de kilómetros hacia el norte y sur del área estudiada. Se trata de una falla inversa que en el área de estudio repite las secuencias volcánicas del Grupo Choiyoi. Posee vergencia hacia el este e inclinación hacia el oeste. La falla ubicada al este de la quebrada Amarilla presenta características similares y orientación paralela a la anterior. Se trata de una falla inversa de alto ángulo que pone en contacto tectónico a las volcanitas del Grupo Choiyoi con las sedimentitas de la Formación Agua Negra (con vergencia oriental).

Hacia el tramo inferior de la quebrada de Agua Negra se observa otra estructura ubicada al oeste del cerro El Bronce. Se trata de una falla inversa que repite la Formación Agua Negra. Posee vergencia oriental, inclina hacia el oeste y presenta una orientación NNE-SSO. En las inmediaciones de la desembocadura de la quebrada, entre el cerro Pelado de Las Trancas y el cerro de Las Majaditas, se encuentra una falla inversa que vuelve a repetir a las sedimentitas de la Formación Agua Negra. Posee una orientación NO-SE, inclina hacia el oeste.

Por último, aparecen una gran cantidad de lineamientos con diferente continuidad, cuyas orientaciones varían entre NO-SE y NE-SO. El que presenta mayor desarrollo es el que controla la disposición de la quebrada de Las Mulass y se continúa sobre la ladera sur de la quebrada, a lo largo de 12 km, con una orientación NO-SE. Asimismo, se observan lineamientos con esta orientación paralelos a la dirección de la quebrada San Lorenzo.

Se reconocieron pliegues afectando a las sedimentitas de la Formación Agua Negra, relacionados, según Heredia *et al.* (2002), a corrimientos desarrollados durante la Fase Orogénica San Rafael.

Se interpretan las estructuras señaladas como fallas de basamento que han sido reactivadas durante la orogenia andina. La mayoría de estas fallas se han generado durante la extensión mesozoica y se han invertido parcialmente con la compresión andina (Rodríguez Fernández *et al.* 1999). La falla desarrollada en las cercanías de la desembocadura del arroyo del Agua Negra, involucrando a las sedimentitas de la Formación Agua Negra, corresponde según Heredia *et al.* (2002), a una estructura generada durante la Orogenia Gondwánica y reactivada durante el Terciario.

7. GEOMORFOLOGÍA

Características generales del área estudiada

El relieve de la zona es montañoso, típico del área orogénica en la que se ubica correspondiente a una faja plegada y corrida de retroarco. Consecuentemente, está caracterizado por altas pendientes y profundos valles con fuerte control estructural. El arroyo del Agua Negra fluye entre la Cordillera del Agua Negra y la Cordillera de Olivares. La primera presenta un rumbo aproximado NO-SE, alcanzando las mayores elevaciones en las nacientes de la quebrada, donde supera los 5.500 m s. n. m. En el tramo inferior de la cuenca las mayores elevaciones, que constituyen la divisoria de aguas, se encuentran en los cerros Fortuna (4.376 m s. n. m.) y El Bronce (4.033 m s. n. m.). La cordillera de Olivares se eleva al oeste y al sur del arroyo del Agua Negra y alcanza mayores elevaciones que la anterior, oscilando entre 5.700 y 5.500 m s. n. m. aproximadamente, llegando a los 6.266 m s. n. m. en las cabeceras del glaciar Olivares. Hacia el límite internacional, por encima de los 5.800 m s. n. m., se eleva el cerro San Lorenzo, al norte del arroyo homónimo y unos kilómetros al NE, se encuentra el actual paso del Agua Negra

a una cota de 4.779 metros sobre el nivel del mar.

El paisaje de la zona es el resultado de la interacción de diferentes procesos endógenos y exógenos a lo largo del tiempo (Cuadro 1), por lo que puede considerarse policíclico y compuesto. El ambiente tectónico de la región ejerce un importante control sobre la geomorfología. El área, tal como se dijera, se ubica en el segmento de Subducción Subhorizontal Pampeano, esto controla el alto relieve que adquiere la cordillera, la intensa deformación que afecta a las rocas aflorantes y la elevada actividad sísmica de la región, además de la ausencia de volcanismo activo.

La zona de estudio puede dividirse en dos sectores con características diferentes. El tramo inferior de la quebrada desde la desembocadura hasta la zona de Bordo Atravesado está dominado por geoformas fluviales bajo un clima árido. En esta zona afloran sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra, muy deformadas y fracturadas. Aguas arriba, el paisaje cambia, la quebrada se ensancha y adquieren importancia las geoformas generadas por procesos glaciares y criogénicos. Este cambio en las características del paisaje está controlado por la extensión que alcanzaron los glaciares durante el Cuaternario, conformando en la actualidad, un ambiente paraglacial en el sentido de Ballantyne (2002).

Geoformas Glaciares y Glacifluviales

Las geoformas generadas por el proceso glaciar son muy notorias a lo largo de las zonas más elevadas de la Cordillera de los Andes y, en particular, en la zona estudiada. A lo largo de la quebrada del Agua Negra se observan numerosas evidencias del accionar de los hielos en tiempos recientes. En los tramos medio y superior de la quebrada se reconocen geoformas de erosión y acumulación glaciar que evidencian la acción de glaciares de valle. En el tramo inferior se reconocen niveles glacifluviales aterrizados, por encima del nivel de la planicie aluvial actual.

Los glaciares actuales son pequeños relictos de los glaciares cuaternarios lo que queda evidenciado por las extensas geoformas de erosión-acumulación glaciares presentes en la quebrada del Agua Negra. Los glaciares existentes en la actualidad se ubican en las cabeceras de las quebradas que alcanzan las mayores elevaciones. De norte a sur se reconocen los glaciares Agua Negra, Vecino Sudoeste, San Lorenzo y Olivares. Además, se distinguen pequeños glaciares como Nido de Glaciares y cuerpos de nieve perennes y penitentes. La mayoría de los glaciares existentes en la actualidad se encuentran limitados

GEOFORMAS GLACIARES Y GLACIFLUVIALES	Geoformas de erosión glaciaria
	Geoformas de acumulación glaciaria. Morenas
	Geoformas de acumulación glacifluvial. Planicies y niveles glacifluviales aterrizados
	Áreas afectadas por acción glaciaria y criogénica
GEOFORMAS Y RASGOS CRIOGÉNICOS Y DE REMOCIÓN EN MASA	Superficies de crioplanación, nichos de nivación y lóbulos de geliflujión
	Glaciares de rocas
	Conos de talud y conos de talud mixtos
	Flujos densos y deslizamientos
	Áreas afectadas por remoción en masa y acción fluvial
GEOFORMAS FLUVIALES	Planicie aluvial de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo
	Terrazas fluviales de cursos principales
	Planicies aluviales y relleno de valles de cursos tributarios
	Abanicos aluviales
	Antiguos niveles de bajada
GEOFORMAS ENDÓGENAS	Planicie lávica-ignimbrítica

Cuadro 1. Geoformas en la zona estudiada.

a circos y presentan escasas dimensiones. Schrott (2001) estimó que la línea de nieve se encuentra a los 5.300 m s. n. m., pero debido a los vientos, la nieve puede ser retransportada y no acumularse en superficies que superan dichas elevaciones o acumularse a cotas inferiores en áreas protegidas de la intensa radiación solar.

El glaciar Agua Negra está ubicado en las cabeceras de la quebrada homónima, presenta una longitud de 2,3 km y un ancho medio de 550 m. Su término se encuentra a una cota de 4.600 m y su límite superior a 5.200 m, en la divisoria de aguas que marca el límite internacional. La superficie del glaciar es levemente convexa hacia arriba y presenta una inclinación promedio de 15°, es suave y no presenta crestas (crevasses). Según Milana y Maturano (1999), el espesor del hielo alcanza un máximo de 54 m en el centro y disminuye a 27 y 12 m hacia los laterales y el frente del glaciar. Se trata de un glaciar de lento movimiento y su frente ha retrocedido de manera casi continua desde 1965, aunque el monto del retroceso no es significativo (Leiva 1999). Según Colqui (1968) la cota mínima de hielo descubierto se encontraba en 1.965 a 4.500 m s. n. m., mientras

que en 1890 se encontraba 300 m más abajo.

Se han observado tanto geoformas de erosión como de acumulación glaciaria. Las geoformas de erosión glaciaria son más notorias en la zona. Varían desde extensas artesas y circos hasta rasgos de mediana y pequeña escala como rocas aborregadas, estrías y pulimento.

En la zona de La Estrechura-Ojos de Agua, en la quebrada del Agua Negra, se observa pasaje de un valle fluvial a una artesa o valle glaciar (hacia arriba). Esta transición tiene lugar a una cota aproximada de 3.500 m s. n. m. Desde esta última zona hasta las cabeceras de la quebrada, se conserva la típica morfología de valle en U, que también presentan la quebrada de San Lorenzo y la mayoría de las quebradas tributarias. La artesa del Agua Negra presenta una longitud de 27 km y sus laterales empinados se elevan más de 800 m con respecto al nivel de la planicie aluvial actual.

El ensanchamiento por el hielo del sistema fluvial preexistente generó rasgos característicos como espolones truncados u hombreras y valles colgantes. Las hombreras se extienden desde la zona de La Estrechura hasta las cabeceras. Aguas

abajo, entre La Estrechura y Bordo Atravesado, aunque la artesa se torna más angosta, también se la observa. Los valles colgantes se generan porque la erosión es mayor a lo largo de la artesa principal, ya que es mayor el volumen de hielo que los valles tributarios, por lo que estos últimos se unen a la artesa principal, a un nivel superior que el piso de la misma. En la quebrada del Agua Negra, se desarrollan a lo largo de la ladera sur y oeste, desde la

zona de Ojos de Agua hasta las nacientes de esta. La mayor parte de los glaciares tributarios provenían de la Cordillera de Olivares y de la zona del límite internacional, más elevada y probablemente más fría. Al observar el perfil longitudinal de los valles tributarios, se reconoce el resalto existente, que en la quebrada Amarilla es de aproximadamente 40 m y el del arroyo de La Pirca supera los 50 metros (Fig. 10).



Figura 10. Nacientes de la quebrada de Agua Negra donde se observa la forma de la artesa glaciar y las geoformas criogénicas y de remoción en masa presentes.

Otros rasgos de erosión glaciar, de pequeña y mediana escala, presentes a lo largo de la quebrada, son las rocas aborregadas. Las rocas aborregadas o cantereadas (*rouches moutonnées*) son formas de erosión asimétricas, donde la pendiente inclinada hacia el hielo es suave y se encuentra pulida, mientras que la pendiente opuesta es rugosa y presenta mayor ángulo. La asimetría se genera por abrasión en el sector ubicado hacia el hielo y arranque (*plucking*) en el sector opuesto. Aguas arriba de la confluencia con la quebrada de La Pirca se reconocen afloramientos del Grupo Choiyoi que exhiben la morfología característica de las rocas aborregadas. Los mismos fueron mencionados por Colqui (1968). Presentan una superficie aproximada de 0,06 km² y una altura de 20 a 25 m. En la zona de Ojos de Agua, se reconocen formas asimétricas que también corresponden a rocas aborregadas.

El término pulimento glaciar se refiere a las superficies de las rocas suavizadas por abrasión, generada por el transporte de sedimento fino en la base del glaciar (James 2003). En la ladera sur de la quebrada, en la zona del Arenal, se reconocen afloramientos del Grupo Choiyoi pulidos, cuya superficie suavizada contrasta con el aspecto rugoso que presentan la mayoría de los afloramientos de las andesitas en esta zona. Otros rasgos de erosión glaciar de pequeña escala, reconocidos en la zona, son estrías y surcos. Estos últimos están relacionados al ensanchamiento de las diaclasas por el arranque producido por el hielo.

En las cabeceras de la mayoría de las quebradas, entre los 4.800 y 5.500 m s. n. m., se observan circos glaciares. Estos se generan por la combinación de erosión glaciar en la base y procesos geocriogénicos y de remoción en masa en las zonas despro-

vistas de hielo. Los que muestran mejor desarrollo son los ubicados en la cordillera de Olivares, al norte y sur del arroyo de La Pirca. Presentan forma semicircular en planta y grandes dimensiones. El desnivel existente entre su espalda y el piso es mayor a 500 m y su ancho supera los 2 km. Los circos que se encuentran al norte del arroyo de La Pirca están labrados en rocas volcánicas de los Grupos Choiyoi y Doña Ana, mientras que los ubicados al sur, bordeando la planicie lávica de Olivares se desarrollan en las sedimentitas de Agua Negra y las volcanitas del Grupo Olivares. El más occidental es el que alberga al glaciar Olivares. Exceptuando a este último, las espaldas de todos los circos están siendo afectadas por procesos criogénicos, remoción en masa y acción fluvial.

Los circos desarrollados en el tramo norte de la cuenca del arroyo del Agua Negra son más angostos y de menor tamaño, comparándolos con los anteriores. Esto refleja el control que ejercen la estructura y litología en el desarrollo de estas geoformas. A pesar de estar labrados, como en el caso anterior, en volcanitas de los grupos Choiyoi y Doña Ana, en esta zona las rocas aflorantes están afectadas por numerosas fracturas de dirección N-S y atravesadas por una gran cantidad de diques que controlan su morfología. El buen desarrollo de los circos indica una prolongada evolución bajo condiciones glaciarias.

Geoformas de Acumulación Glaciaria. Morenas

A lo largo de la quebrada del Agua Negra y de las quebradas tributarias se observan numerosas morenas. La mayoría son morenas laterales, que muestran variaciones en su grado de preservación, lo que podría indicar la presencia de más de un avance glacial. En ciertos casos se reconoce fácilmente su morfología, es decir, presentan forma de crestas elongadas, mientras que en otros se presentan como suaves convexidades en los laterales de la artesa. Se reconocen, además, escasas morenas basales o de fondo, ubicadas en las cercanías del frente de los glaciares actuales. Las morenas terminales, adoptan en general forma de crestas transversales al movimiento del glaciar, y por su posición también suelen erosionarse. Los depósitos morénicos, tal como se dijera, están constituidos por till, se trata de conglomerados con matriz limo-arcillosa, mala selección, con clastos angulosos y carentes de estratificación.

Pueden diferenciarse tres cierres morénicos, ubicados a diferentes cotas en la quebrada del Agua Negra y quebradas tributarias. Colqui (1968) mencionó el desarrollo de una morena frontal en la zona

de Bordo Atravesado, que podría corresponder a un cierre ubicado a 3.300 m s. n. m. y en la zona de la quebrada Aspera, a 3.500 m s. n. m. se observan también depósitos morénicos. En la zona de Ojos de Agua, a una cota de 3.550 m s. n. m. se ubica otro posible cierre y, a una cota de 3.800 m s. n. m., 200 m aguas arriba de la confluencia de las quebradas del Agua Negra y La Pirca, otra zona de morenas. La morena frontal ubicada en Ojos de Agua se encuentra parcialmente erosionada por el arroyo del Agua Negra y cubierta por depósitos aluviales y de remoción en masa provenientes de ambas laderas. Esta morena frontal, cuya morfología original se encuentra bastante bien preservada, se eleva 7 m por encima de la planicie aluvial, aguas arriba, mientras que aguas abajo el desnivel existente supera los 25 m, lo que hace posible ponderar su gran espesor.

Las morenas laterales en la zona de Ojos de Agua, aguas arriba de la morena frontal descrita previamente, se ubican a cotas de 3.600 m s. n. m. Se presentan como pequeñas lomadas adosadas a los laterales del valle, disectadas por acción fluvial y remoción en masa posterior y con una altura de aproximadamente 10 m por encima del nivel de la planicie aluvial del arroyo del Agua Negra. En la ladera sur, a una cota de 3.700 m s. n. m., en la zona de los Morros Amarillos, se reconocieron morenas laterales adosadas a los laterales de la quebrada del Agua Negra. Se encuentran muy degradadas y colonizadas por vegetación y su tope se encuentra a más de 20 m por encima del nivel de la planicie aluvial.

Desde Ojos de Agua hacia las cabeceras de la quebrada, y a lo largo de las quebradas tributarias, se identificaron una gran cantidad de morenas, todas por encima de los 3.600 m s. n. m. Las morenas reconocidas en la quebrada del Agua Negra, desde la confluencia con la quebrada de La Pirca, hasta sus nacientes, se desarrollan sobre ambos márgenes de la artesa (Fig. 11).

Al pie del glaciar Agua Negra, a una cota de 4.750 m s. n. m., se observan las morenas de fondo más recientes, que cubren una superficie de 0,18 km². Hacia el contacto con el hielo cubierto se encauza un curso de fusión proveniente del frente del glaciar que removiliza parte del material. En la ladera oeste, se reconoce una delgada morena lateral. Unos metros aguas abajo, sobre la ladera izquierda de la quebrada se observan morenas que presentan aspecto escalonado, con glaciares de rocas y numerosos depósitos de flujos de detritos en su parte superior. Posiblemente sean morenas con núcleo de hielo que están comenzando a fluir como glaciares de rocas secundarios.



Figura 11. Morenas parcialmente removilizadas como glaciares de rocas y cubiertas por conos de talud.

Las morenas reconocidas en las quebradas tributarias son muy numerosas y presentan buen grado de preservación. En las nacientes de la tributaria quebrada Áspera, aguas arriba del cierre ubicado a los 3.500 m s. n. m., se reconocen una serie de morenas laterales desarrolladas sobre ambos márgenes de la artesa glaciaria. Se distinguen como mínimo dos cordones morénicos superpuestos cuya morfología y continuidad lateral se preservan bastante bien, pudiendo identificarse tramos individuales de 700 m de longitud. Se reconocen glaciares de rocas secundarios desarrollados a partir de las mismas. En la quebrada de La Pirca se preservan potentes morenas laterales, principalmente sobre su margen izquierda. Hacia sus cabeceras, por encima de los 4.500 m s. n. m., se encuentran las morenas de fondo expuestas por el retroceso del glaciar Olivares.

En las quebradas tributarias a la del Agua Negra, ubicadas en el tramo norte de la cordillera de Olivares y en la quebrada de San Lorenzo y sus tributarias, se reconocen también morenas. Las que se encuentran mejor preservadas se ubican en las nacientes de la quebrada de San Lorenzo y en la quebrada del Portezuelo de Olivares, por encima de los 4.500 m s. n. m. En la margen izquierda de la quebrada de San Lorenzo (a 700 m de la confluencia con la quebrada del Agua Negra) se observa un delgado cordón morénico adosado a los laterales de la quebrada que posee rasgos de flujo, presentando el aspecto característico de los glaciares de rocas.

El extenso desarrollo de las geoformas glaciarias descriptas previamente, atestigua la gran extensión adquirida por los glaciares durante el Cuaternario, principalmente si se la compara con su extensión actual. Con respecto a la edad de las glaciaciones registradas no se cuenta con datos cronológicos como para asignarlas a algún estadio glaciario específico. La bibliografía existente sobre las glaciaciones cuaternarias en la provincia de San Juan es muy escasa. Sin embargo, debido a su localización altitudinal, grado de preservación y características generales, es posible plantear que los términos localizados en la quebrada del Agua Negra corresponderían a la Última Glaciación (Wisconsin) y dentro de esta probablemente al Último Máximo Glaciar, mientras que los depósitos más elevados posiblemente correspondan a avances más jóvenes (Tardiglacial y Neoglacial).

Geoformas de Acumulación Glacifluviales

En la quebrada del Agua Negra se reconocieron geoformas de origen glacifluvial, actuales y antiguas. En el tramo inferior de la quebrada se desarrolla un nivel aterrazado sobre ambos márgenes de la misma. Este nivel puede seguirse desde la planta de la mina Arrequeñtín hasta la desembocadura de la quebrada, proyectándose en la zona pedemontana. Se encuentra disectado por acción fluvial y presenta una topografía suave. Se reconocen al menos dos niveles de erosión fluvial labrados sobre estos depósitos (terrazas). En

la zona del campamento, aguas abajo del puesto de gendarmería, se ubica entre 70 m y 50 m por encima del nivel de la planicie aluvial. En la margen sur de la ruta nacional 150 se observa un corte, en el cual se expone una parte del depósito glacialfluvial. Consiste en conglomerados mal seleccionados, con clastos redondeados de variada composición, con abundante matriz areno-pelítica. Si bien presenta aspecto caótico, es posible observar cierto grado de estratificación dada por la alineación de los bloques mayores. Consecuentemente, se trata de depósitos de *outwash* o tren de valle, es decir depósitos glacialfluviales encauzados en un valle, posteriormente aterrizados por incisión fluvial.

Al pie del glaciar Agua Negra, se desarrolla la planicie glacialfluvial actual, en la zona denominada La Olla. En ella nace el arroyo del Agua Negra a una cota de 4.500 m s. n. m. El curso presenta hábito entrelazado y la planicie está compuesta por detritos muy angulosos, mal seleccionados, cuyo tamaño varía entre bloques de aproximadamente 30 cm y arena gruesa. La superficie de la planicie glacialfluvial presenta muy baja inclinación y alcanza una extensión de 0,2 km². Presenta en planta, forma de abanico e incluso se diferencia el abanico generado por el aporte del glaciar Agua Negra, del generado por el Vecino Sudoeste. Estos abanicos, también denominados a veces abanicos de inundación, integran la planicie glacialfluvial y se caracterizan por la baja inclinación de su superficie. Aguas abajo, el sistema glacialfluvial, grada al sistema fluvial entrelazado del arroyo del Agua Negra.

Geoformas y Rasgos Criogénicos

Las geoformas generadas por procesos criogénicos son muy comunes en la quebrada del Agua Negra, así como en la región circundante. Se han reconocido geoformas criogénicas activas a partir de los 3.800-4.000 m s. n. m. El término periglaciario fue acuñado originariamente para referirse a los procesos y geoformas desarrollados en los márgenes de las calotas de hielo pleistocenas. Posteriormente se utilizó para incluir a los procesos y geoformas asociadas a climas fríos, excluyendo los procesos glaciarios, donde la acción del congelamiento y descongelamiento del agua queda evidenciada en el registro geológico-geomorfológico (Clapperton 1993). Corte (1969) sugirió el uso del término geocriogénico en lugar de periglaciario, ya que este último implica zonas localizadas en las cercanías de los glaciares. Sin embargo, en zonas con clima frío y seco, donde las condiciones de humedad no son

suficientes para la generación de glaciares, puede ser muy intensa la actividad geocriogénica. Esto último se reconoce en los Andes Centrales de San Juan y Mendoza, donde existe una capa altitudinal de hielo alojado en detrito, es decir permafrost, desde los 3.200 a 4.800 m s. n. m., variando según la zona (Corte 1983, Trombotto 2001).

Glaciares de Rocas

En la quebrada del Agua Negra y en la mayoría de las quebradas tributarias a la misma, a partir de los 3.800 m s. n. m., se desarrollan una gran cantidad de glaciares de rocas. Los glaciares de rocas o de escombros son geoformas compuestas por detrito mal seleccionado y hielo. Según Corte (1983) un glaciar de rocas es un cuerpo detrítico ubicado en los laterales de un valle o en su fondo, caracterizado por contener hielo de manera intersticial o masiva. Cuando son activos presentan forma de lenguas o lóbulos con pendientes frontales empinadas según el ángulo de reposo de las partículas (Barsch 1996). Su longitud puede alcanzar varios kilómetros, aunque generalmente suele oscilar entre 200 a 800 m medidos sobre la dirección del flujo. La superficie de estos se encuentra cubierta por material grueso y presentan una topografía de crestas y depresiones transversales curvadas. Fluyen a una velocidad de 0,1 a 1 m por año (Barsch 1996). La cobertura detrítica se descongela en verano y actúa como una capa activa sobre un núcleo de permafrost.

En la zona estudiada, desde el punto de vista morfológico se distinguen glaciares de rocas lenguados, espatulados y lobados, mientras que desde el punto de vista de su posición topográfica se distinguen glaciares de rocas de fondo de valle y de lateral de valle (Fig. 12). Además, como se discutirá más adelante, se infieren diversos orígenes para los mismos.

Bordeando la cordillera de Olivares, aproximadamente entre los 4.000 y 5.000 m s. n. m., se desarrollan una serie de glaciares de rocas, principalmente de tipo lenguado. Se trata de glaciares de rocas de fondo de valle, de tipo lenguados, en las quebradas tributarias de los arroyos del Agua Negra, La Pirca y de la quebrada Áspera. Presentan los laterales empinados y crestas transversales y longitudinales muy marcadas, evidenciando su estado activo. El glaciar de rocas ubicado en la quebrada de Las Tranquitas se destaca por sus dimensiones, presenta una longitud de 1.430 m y un ancho medio de 168 m. Asimismo, en las cabeceras de la quebrada Áspera, entre los 4.000 y 4.600 m s. n. m., se de-



Figura 12. Glaciares de roca en la margen oriental de la quebrada de Agua Negra.

sarrolla un extenso complejo de glaciares de rocas de tipo lenguado y espatulados activos. Se adosan lateralmente, resultando difícil diferenciar cuerpos individuales. Se ubican en una artesa glaciaria y se encuentran marginados en ambos laterales por morenas. La longitud aproximada de este complejo es de 3.000 m y su ancho medio de 500 metros.

También se reconocieron glaciares de rocas activos en el tramo norte de la cordillera de Olivares, al norte del arroyo de La Pirca. Se trata de glaciares de rocas lenguados ubicados a lo largo de las quebradas tributarias al arroyo del Agua Negra. Se encuentran a cotas superiores que los anteriores, entre los 4.700 y 5.200 metros sobre el nivel del mar.

En la quebrada de San Lorenzo, a una cota de 4.400 m s. n. m. se desarrollan sobre la ladera norte de dicha quebrada, al pie del cerro San Lorenzo, una serie de glaciares de rocas lobados, activos y con crestas transversales muy marcadas. Sobre la ladera sur, se observa un glaciar de rocas lenguado originado a partir de un depósito de remoción en masa, presenta el frente empinado y crestas longitudinales.

En los laterales de la quebrada del Agua Negra, desde la zona del Arenal, a 3.800 m s. n. m., y hasta las cabeceras de esta, se observan numerosos glaciares de rocas. Morfológica y topográficamente son diferentes a los descriptos previamente, ya que son lobados y de lateral de valle. Alcanzan una longitud aproximada de 200 m y su ancho puede llegar a los 300 m. Son muy abundantes sobre la ladera norte de la quebrada desde los 3.800 m s. n. m., hasta

la zona de la confluencia de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo. En esta última zona, sobre la ladera opuesta se desarrolla un extenso complejo de glaciares de rocas lobados, que cubre una superficie de 0,44 km². Sus frentes y laterales empinados y en ciertos casos el desarrollo de crestas de flujo demuestra su actividad.

En el tramo superior de la quebrada del Agua Negra, desde la confluencia con el arroyo San Lorenzo y hasta las cabeceras de la misma, se desarrollan pequeños glaciares de rocas lobados en las laderas y glaciares de rocas lenguados en las quebradas tributarias. Dos de ellos resaltan en el paisaje, los glaciares Dos Lenguas y El Paso. El primero es de tipo espatulado y se desarrolla sobre la ladera izquierda del arroyo, mientras que el segundo es lenguado y se desarrolla en la quebrada de Sarmiento, tributaria de la de Agua Negra. El glaciar de rocas Dos Lenguas presenta cuatro lóbulos, los de los extremos son inactivos, mientras que los dos centrales son activos, esto se infiere por la suave pendiente y la ausencia de crestas de flujo de los primeros. Según Croce y Milana (2002a, 2002b) presenta una longitud de 1.450 m, un ancho medio de 460 m y llega a una cota máxima de 4.650 m. La inclinación aproximada de su frente es de 40°.

Los glaciares de rocas descriptos están compuestos por detrito anguloso y mal seleccionado. El material que los constituye varía dependiendo de la litología del área de aporte, esto se evidencia por la variada coloración que presentan. Los glaciares de

rocas ubicados en la ladera norte de la cordillera de Olivares, de colores oscuros están compuestos por detrito proveniente de la Formación Cerro Agua Negra y del Grupo Olivares. Mientras que los de colores rojizos se originan principalmente por detrito proveniente del Grupo Choiyoi. En los glaciares Dos Lenguas y El Paso se diferencia claramente la capa activa, por su granulometría más gruesa.

Con respecto a la génesis de los glaciares de rocas, algunos autores postulan que pueden considerarse geoformas criogénicas y glaciogénicas, según las diferentes características de la asociación hielo-detrito. Cuando el hielo cementa al detrito el origen sería criogénico (o primarios) y cuando existen núcleos de hielo cubierto por detrito el origen sería glaciogénico (Humlum 2000) o también secundarios. Los glaciares de rocas primarios o criogénicos se originan a partir del aporte de material a los laterales de las quebradas por reptaje, caídas de rocas, avalanchas de nieve y otros movimientos de remoción en masa. Por su parte, los glaciares de rocas glaciogénicos o secundarios se originan a partir de un glaciar cubierto. Entre estos dos extremos Corte (1983), describió varios tipos de glaciares de rocas, como los originados a partir de morenas, de depósitos de flujos rápidos o por una combinación de varios procesos. Este autor concluyó que sin importar cual sea el origen de los glaciares de rocas, se genera una geoforma similar si el clima, el tipo de roca, el grado de exposición y los procesos criogénicos involucrados son similares.

Por lo tanto, en función de su génesis, en la quebrada del Agua Negra se reconocen glaciares de rocas glaciogénicos y criogénicos. Los glaciares de rocas lenguados, ubicados en las quebradas tributarias a la del Agua Negra, al pie de circos, probablemente sean secundarios, es decir originados a partir de glaciares cubiertos o depósitos morénicos. Milana y Maturano (1999) a partir del estudio del glaciar del Agua Negra, concluyen, mediante el uso de sismica de refracción, que en el sector distal del glaciar Agua Negra se desarrolla un núcleo de hielo cubierto por detrito. Para el glaciar de rocas El Paso, estudiado por Croce y Milana (2002a), mediante métodos geoelectricos y sísmicos, se postula que también posee un núcleo de hielo dentro del cuerpo detritico. Por lo tanto, esta evidencia, sumada al hecho de su desarrollo a lo largo de una artesa glaciaria, al pie de un circo y marginado por morenas, apoya la hipótesis de un origen glaciogénico para el mismo. Aguas abajo del glaciar Agua Negra, sobre la ladera izquierda del arroyo, se desarrolla una morena con núcleo de hielo que posiblemente está comenzando

a fluir como glaciar de rocas. Esta geoforma también es considerada como de origen glaciogénico, ya que se genera a partir de depósitos glaciarios.

Estos glaciares de rocas también reciben aporte de nieve y detrito por procesos de remoción en masa. Se observan los conos de talud y flujos de detritos provenientes de las laderas que marginan a los glaciares de rocas, cuyo material es incorporado a la superficie de los mismos.

El glaciar de rocas Dos Lenguas estaría originado a partir de una acumulación de remoción en masa, similar al desarrollado en las nacientes de la quebrada San Lorenzo. Los glaciares de rocas lobados ubicados en los laterales de la quebrada del Agua Negra y en menor medida en las quebradas tributarias, se originan por el aporte de material a los taludes por reptaje, caídas de rocas y flujos de detritos. Por lo tanto, se trataría de glaciares de rocas de tipo primario.

En elevaciones inferiores a los 3.800 m s. n. m. se reconocen formas que posiblemente sean glaciares de rocas inactivos. Aguas abajo de Ojos de Agua, sobre un cono de talud desarrollado en la ladera norte de la quebrada, se desarrollan formas redondeadas similares a glaciares de rocas lobados, sin crestas de flujo y cubiertas por vegetación. En el tramo inferior de la quebrada, a los 3.400 m s. n. m., en la zona del cerro El Bronce, se distinguen pequeñas formas redondeadas que podrían corresponder a glaciares de rocas inactivos.

El ambiente en el que se desarrollan los glaciares de rocas corresponde esencialmente a áreas continentales áridas, por debajo de la elevación de la línea de equilibrio de los glaciares, pero por encima del límite del permafrost (Martín y Whalley 1987). El clima frío y seco, con intensa congelifración y gran relieve relativo, producen condiciones óptimas para su desarrollo. Corte (1983) observó que, de sur a norte, a lo largo de las provincias de Mendoza y San Juan, al disminuir las precipitaciones, aumenta la cantidad de glaciares de rocas y glaciares cubiertos con respecto a los glaciares.

Los glaciares de rocas muestran un patrón en su distribución, controlado por una serie de factores, entre ellos se destacan la variación del clima con la elevación y la orientación de las pendientes (Martín y Whalley 1987). Según Corte (1983) el límite inferior de los glaciares de rocas se utiliza para marcar el límite inferior del permafrost de montaña o permafrost esporádico. En dicho límite se ubica la isoterma media anual de 0°C, la zona de termokarst está ubicada en la isoterma media anual

de -6°C . Este último autor destaca su importancia como indicadores paleoclimáticos, ya que se ubican en una faja altitudinal que varía entre 0°C en su límite inferior y -10°C en el superior, en el límite del hielo descubierto. En la provincia de Mendoza a los 32° de latitud sur, el límite inferior de los glaciares de rocas se encuentra a 3.200 m s. n. m. (Corte 1983). En la provincia de San Juan, este límite varía de 3.600 m en el sur hasta cerca de los 4.000 m en el norte debido al aumento de temperatura y radiación solar (Milana y Maturano 1999).

En la zona estudiada los glaciares de rocas comienzan a desarrollarse a una cota de 3.800 m s. n. m., y su distribución está fuertemente controlada por la orientación de las pendientes y su relación con la radiación solar (Schrott 2001). En la zona estudiada se aprecia que los glaciares de rocas ubicados en pendientes que miran al norte se encuentran a mayores elevaciones que los que miran al sur (más frías). Los glaciares de rocas ubicados en la ladera norte de la quebrada comienzan a desarrollarse a los 3.800 m s. n. m., mientras que los ubicados en la ladera sur se encuentran por encima de los 4.000 metros sobre el nivel del mar.

Otras Geoformas y Rasgos Criogénicos: Superficies de crioplanación, nichos de nivación y lóbulos de gelifluxión, detritos estructurados y rasgos superficiales

Pueden distinguirse en las cordilleras del Agua Negra, Olivares y a lo largo del límite internacional, que en las cumbres que superan los 5.000 m s. n. m. se desarrollan extensas superficies subhorizontales, identificadas como superficies de crioplanación. Sobre las mismas se observan parches de nieve y estacionalmente, pequeños cuerpos de agua. El límite inferior de estas superficies está marcado por un quiebre abrupto de pendiente, entre las mismas y los laterales de las artesas glaciarias.

Las superficies o terrazas de crioplanación (Bryan 1946) son superficies de suave pendiente desarrolladas en las cumbres más elevadas en ambientes criogénicos y labradas en roca. Son difíciles de diferenciar de las superficies estructurales y es probable que en su generación jueguen un papel importante factores estructurales y litológicos. Están cubiertas por geoformas generadas por gelifluxión y pueden presentar rasgos como suelos estructurales (Summerfield 1991).

No son completamente planas ya que presentan suaves depresiones y elevaciones. Las primeras rellenas por detrito criogénico, mientras que en las

zonas de mayor pendiente se desarrollan lóbulos de gelifluxión. Estas irregularidades parecen, al menos en parte, estar controladas por la estructura y litología de las rocas involucradas. Las superficies de crioplanación desarrolladas a lo largo del límite con Chile son sumamente planas, obteniendo Scholl (2001) una inclinación máxima de 12° para las mismas, denominándolas crioplanicies cuspidales.

Otra geoforma característica de las cumbres ubicadas por encima de los 5.000 m s. n. m., son los nichos de nivación. Son muy notorios en el sector septentrional de la cordillera de Olivares, entre el arroyo de La Pirca por el sur y San Lorenzo por el norte. Se trata de depresiones cuya forma en planta varía de semicircular a ovalada, ocupadas por pequeños lagos o rellenas por material detrítico. Al igual que en el caso anterior, la gelifluxión es un fenómeno muy común. En el cerro San Lorenzo también se observan por encima de los circos ubicados en las cabeceras de la quebrada de Sarmiento.

La gelifluxión es un flujo lento, saturado, asociado a la capa activa del permafrost. A pesar de tratarse de un movimiento de remoción en masa, se lo incluye en esta unidad por ser característico de las zonas criogénicas. Es un rasgo muy común por encima de los 5.000 m s. n. m., aunque también se los observa a cotas inferiores. Se reconocen extensas áreas caracterizadas por la presencia de lóbulos o terrazuelas de gelifluxión, que les dan a las superficies un aspecto rugoso o escalonado. Las formas generadas por gelifluxión adquieren el aspecto de lóbulos, láminas y terrazas o escalones. Siendo más comunes los lóbulos y las terrazas en ambientes montañosos, mientras que las láminas son más comunes en áreas de menor relieve. La tasa de movimiento máxima medida para la gelifluxión es de 50-100 mm/a (Summerfield 1991) por lo que son fenómenos lentos.

La mayoría de los autores sugieren que los nichos de nivación y las superficies de crioplanación se originan por nivación, es decir la erosión asociada al desarrollo de parches de nieve. Este fenómeno se produce por la acción del congelamiento-descongelamiento y la remoción posterior del material por movimientos de remoción en masa, agua de fusión y acción eólica. Los nichos de nivación comienzan a desarrollarse en alguna pequeña depresión y aumentan su tamaño al acumular nieve todos los años. La nieve provee humedad y actúa como aislante del sustrato, asegurando así los ciclos de congelamiento-descongelamiento necesarios para la fragmentación de la roca. También asegura

el agua de fusión necesaria para la remoción de los materiales criofragmentados. El poder erosivo de los parches de nieve depende del espesor de la nieve y de la presencia o ausencia de permafrost en su base.

En relación con las condiciones ambientales de formación, las superficies de crioplanación se generan en un ambiente frío con una temperatura media anual de -10 a -15°C. La superficie debe estar sometida a fenómenos criogénicos durante mucho tiempo, por lo tanto, las zonas donde se han labrado las mismas, deben haber estado descubiertas de hielo glaciario durante el Pleistoceno (Corte 1983). Las superficies de la cordillera central, en las provincias de Mendoza y San Juan, ubicadas por encima de los 5.000 m s. n. m. se encuentran actualmente sometidas a temperaturas inferiores a -10°C y, durante el Pleistoceno, estuvieron sometidas a menores temperaturas.

Entre otros sectores de la parte superior de la quebrada del Agua Negra, en un corte de un cono de talud ubicado en la zona de Ojos de Agua, se reconoció la presencia de detrito estratificado. A pesar de que constituye una estructura sedimentaria, se lo incluye en este apartado por ser una característica distintiva de los ambientes criogénicos. El depósito está compuesto por una alternancia rítmica de capas de granulometría fina y gruesa. Las capas de granulometría gruesa están compuestas por brechas matriz sostén, levemente consolidadas. Presentan muy mala selección, el tamaño de los clastos varía entre 1 y 50 cm, con disposición caótica. La matriz, de color rosado, está compuesta por material limo arcilloso. Las capas de granulometría fina presentan composición similar a la matriz de las brechas, con escasos clastos angulosos cuyo tamaño no supera los 5 cm. El espesor de las capas gruesas llega a los 40 cm, mientras que las finas generalmente son de menos de 20 cm. Las capas inclinan hacia el fondo del valle, imitando la forma de un cono de muy bajo ángulo.

El detrito estratificado descripto en estos conos ha sido reconocido en numerosas zonas criogénicas (Fig. 13). Originalmente fueron definidos como *grezes litées*, al referirse a depósitos estratificados presentes en taludes desarrollados a partir de rocas calcáreas. Desde ese entonces han sido reconocidas estructuras sedimentarias similares en otras regiones geocriogénicas del Mundo. Estas estructuras han recibido diferentes denominaciones, como *éboulis ordonnés* y *stratified slope deposits u ordered talus deposits*.

Básicamente se generan debido a una sucesión de ciclos de congelamiento-descongelamiento, que genera congelifractos y permite su emplazamiento en las pendientes. La granulometría, la selección y el porcentaje de matriz están controlados por condiciones locales como la orientación de la pendiente, la insolación y el número de ciclos de congelamiento y descongelamiento. Estas estructuras se generarían debido a la alternancia de años secos y húmedos. Durante los años secos, se generan las capas de granulometría gruesa, por reptaje, acción eólica y lavada por fusión de nieve. Durante los años húmedos se generan las capas finas, por aporte de flujos de detritos originados por fusión nival.

En la zona de La Olla, ubicada al pie del glaciar Agua Negra, se observaron rasgos de selección en material aluvio-columial. La selección de materiales sueltos constituye una de las evidencias más notorias de la acción del congelamiento-descongelamiento del agua en ambientes criogénicos. Existen varios procesos que conducen a la selección lateral y vertical de los materiales, entre ellos: congelamiento y fusión de agua, selección gravitacional, selección por lavado, selección por levantamiento por congelamiento, selección por expulsión y por inyección.

Los rasgos de selección reconocidos en Agua Negra están compuestos por la alternancia de clastos de granulometría gruesa y fina, que presentan la apariencia de crestas y surcos. Los clastos gruesos, muy angulosos, varían entre 20 y 5 cm, mientras que la fracción fina es menor a 2 cm hasta tamaño arena. Se desarrollan en zonas con escasa pendiente y alargadas en la dirección de mayor inclinación. El ancho aproximado de las bandas de diferente granulometría es de 15 cm. Los rasgos de selección indican la presencia de permafrost en profundidad. También se han reconocido en la zona suelos estructurales o suelos poligonales.

Los rasgos de selección en la superficie del suelo reconocidos son una consecuencia del ambiente criogénico existente en la quebrada en la actualidad, ubicado por encima de los 4.000 m s. n. m. Uliarte *et al.* (1990) mencionaron la presencia de suelos poligonales inactivos en el sector pedemontano, por encima de los 2.000 m s. n. m. Estas evidencias, junto con los glaciares de rocas inactivos reconocidos, permiten plantear una mayor extensión de las condiciones criogénicas durante los períodos glaciarios del Cuaternario.



Figura 13. Depósitos cuaternarios de taludes de tipo detrito estructurado lo que evidencia la existencia de condiciones criogénicas.

Geoformas de Remoción en Masa

Numerosos procesos de remoción en masa, como los flujos de detritos generados por fusión nival o geoformas como los conos de talud mixtos, son frecuentes en la zona de Alta Cordillera. En los faldeos de toda la región considerada el principal factor de peligrosidad está dado por procesos de remoción en masa. Existen diferentes clasificaciones de movimientos gravitacionales, si bien en líneas generales todas suelen utilizar criterios semejantes: tipo de movimiento, velocidad, material implicado, participación del agua. En el presente informe se han seguido los lineamientos básicos establecidos por Varnes (1978), con las modificaciones realizadas por Cruden y Varnes (1996), Hungr *et al.* (2001) y Hungr *et al.* (2013). Han sido reconocidos:

- Caídas o vuelcos (*fall*, vuelcos y *topless*)
- Solifluxión
- Flujos densos (*debrisflows*)
- Avalanchas de rocas
- Deslizamientos
- Reptaje

De ellos, los más frecuentes y los potencialmente más peligrosos son los primeros y las avalanchas de roca. Asimismo, debe establecerse que algunos movimientos son complejos, ya que pueden incluir una fase inicial como caída o vuelco y una facies posterior como flujo denso al encauzarse parcialmente en *rills* o cárcavas preexistentes e incorporar agua a la masa rocosa seca movilizada originariamente.

Flujos densos y deslizamientos

Los flujos se reconocen a lo largo de toda la quebrada del Agua Negra. Si bien se encuentran ampliamente distribuidos, dada la escala de trabajo no constituyen áreas continuas que permita cartografiarlos, por lo que, en la mayoría de los casos, solo se los ha indicado con una flecha por problemas de escala. Asimismo, por este motivo no se han diferenciado dentro de los flujos densos en *debris flows* y *mudflows*.

Pueden diferenciarse según el ambiente, dos sectores con características diferentes: 1) inferior y 2) superior-medio. El tramo inferior muestra el predominio de rocas sedimentarias, bajo un clima templado con escasas precipitaciones estivales. Por su parte, en el tramo medio y superior de la quebrada predominan las rocas volcánicas, clima frío, condiciones criogénicas y acción glaciaria cuaternaria.

En el tramo inferior de la quebrada se reconocen una gran cantidad de flujos densos, la mayoría desarrollados en las cabeceras de las quebradas tributarias a la del Agua Negra. Por ejemplo, en la ladera norte de la cordillera del Agua Negra, en las zonas de los cerros Fortuna y El Bronce son muy numerosos. Pueden distinguirse las canaletas de transporte de los mismos y los depósitos lobulares parcialmente modificados por acción fluvial en las cabeceras de las quebradas. En esta zona afloran sedimentitas de la Formación Agua Negra, principalmente pelitas, que favorecen el desarrollo de estos movimientos.

En el tramo superior y medio de la quebrada, se observan flujos en la mayoría de las laderas de las cordilleras de Olivares y del Agua Negra. Están compuestos principalmente por detrito de origen volcánico y volcanoclástico. En la cordillera de Olivares, los flujos descienden por las abruptas paredes de los circos y laterales de artesas, desde los 5.000 m s. n. m. hasta el piso de las quebradas tributarias. En ellos se distingue el canal de descarga, y en ciertos casos, en su porción distal se reconocen abanicos o conos de detritos, escasamente definidos. Hacia las cabeceras de la quebrada del Agua Negra la situación es similar, ya que sobre todas las pendientes se reconocen flujos de detritos. En ciertos casos los flujos alcanzan dimensiones mayores, como se observa frente al glaciar de rocas Dos Lenguas ó en las nacientes de la quebrada, cerca del paso. Los flujos de detritos también participan en la formación de los abanicos aluviales ubicados en los laterales de la quebrada del Agua Negra, como se discutirá más adelante.

En las cabeceras de la cuenca del arroyo del Agua Negra, principalmente en la quebrada de San Lorenzo se reconocieron varios depósitos de remoción en masa de gran tamaño, desarrollados sobre la ladera sur de esta última quebrada. Entre ellos, el occidental, se destaca por su tamaño y morfología. Está ubicado frente al cerro San Lorenzo, aguas arriba de la desembocadura de la quebrada del Portezuelo de Olivares en la quebrada de San Lorenzo. Este extenso depósito cubre una superficie de 0,5 km², presenta una longitud de 1.200 m y un ancho medio de 400 m. La zona de arranque se desarrolla a una cota de 4.850 m s. n. m., además puede distinguirse la superficie de deslizamiento, cubierta por material coluvial. El depósito se extiende entre los 4.350 y 4.650 m s. n. m. En el sector distal presenta forma de lóbulo típico de flujos. Este movimiento afectó a las volcánicas del Grupo Doña Ana. El depósito está compuesto por brechas cuya granulometría varía entre más de un metro y varios centímetros.

El material deslizado obstruyó el curso del arroyo que surca la quebrada del Portezuelo de Olivares, y no se observa que este último haya roto el endicamiento. Sin embargo, de la porción distal del depósito surge un pequeño curso que se une al San Lorenzo.

Se considera que se trata de un movimiento complejo que inició como deslizamiento y finalizó como un flujo (Varnes 1978). El deslizamiento inicial se considera como un deslizamiento tipo colapso (Hungry *et al.* 2001). En este caso, las volcánicas del

Grupo Doña Ana se encuentran muy fracturadas, ya que son afectadas por la falla que limita la cordillera de Olivares. El material movilizado, se fragmentó y colisionó con la ladera opuesta de la quebrada del Portezuelo de Olivares, desviando su trayectoria hacia la de San Lorenzo, y finalizando como un flujo de detritos, que se frenó pocos metros aguas abajo. La porción distal del depósito presenta las características de un glaciar de rocas activo, con el frente empinado y la presencia de crestas longitudinales, que muestran la evolución de un glaciar de rocas a partir de un depósito de remoción en masa.

Aguas abajo, sobre la misma ladera de la quebrada de San Lorenzo, pero en este caso desarrollados en las zonas de alteración hidrotermal que presenta el Grupo Choiyoi, se observan dos acumulaciones debidas a deslizamientos. Ambos involucran un alto volumen de material, cubriendo superficies mayores a 0,4 km². Muestran rasgos similares al caso anterior, que inducen a pensar que están comenzando a fluir como glaciares de rocas. Incluso, en los conos de talud que cubren la zona de arranque del movimiento se reconocen pequeños glaciares de rocas lobados.

Se observaron, además, pequeños deslizamientos que involucran a las volcánicas del Grupo Choiyoi, ubicados en zonas de falla ó de alteración hidrotermal. También se reconocieron deslizamientos de detritos afectando a las morenas, que no han sido cartografiados por una cuestión de escala.

Conos de Talud y Caídas de Rocas

Dentro de esta unidad se han agrupado diferentes tipos de conos de talud o de deyección, formados por varios procesos. Se observan conos de talud generados por reptaje y otros por caídas de rocas, así como conos mixtos formados por flujos de detritos, caídas de rocas y acción fluvial efímera. Los primeros constituyen los típicos conos de deyección y están compuestos por clastos angulosos, de composición litológica variable, dependiendo del área de aporte. La inclinación de su superficie varía entre 20 y 30°, dependiendo del ángulo de reposo de las partículas, determinado principalmente por la granulometría y forma de los clastos. Presentan cierto grado de selección granulométrica, donde los clastos mayores se concentran en la porción distal de los conos. En muchos casos cubren totalmente la base de las pendientes, generando mantos detríticos continuos (carpetas o taludes coluviales). En el tramo inferior de la quebrada del Agua Negra están compuestos por fragmentos angulosos de sedimentitas o granitos, y varían en sus dimensiones desde pequeños conos

de 1 m de altura hasta grandes conos de más de 7 metros.

Estos conos están formados principalmente por reptaje (Fig. 14). En los casos en que las caídas de rocas se vuelven más frecuentes, conforman una pendiente denominada *rock scree* o *rock fall talus* (talud de caída de rocas). Asimismo, en la mayor parte de los conos se observa la presencia de acumulaciones al pie, debido a flujos de detritos (*debris flows*) de dimensiones variables. En el tramo superior de la que-

brada, los conos adquieren grandes dimensiones y en su superficie se reconocen en mayor proporción surcos generados por flujos de detritos durante la época de fusión estival. Llegan a medir más de 20 m de altura y se adosan lateralmente. Estos conos de talud con alta participación de flujos de detritos se reconocen desde la zona de Ojos de Agua hasta las cabeceras de la quebrada del Agua Negra. Están compuestos por fragmentos de volcanitas generadas por meteorización física de los afloramientos del Grupo Choiyoi.



Figura 14. Talud detrítico conformado por conos de talud o de deyección. Obsérvese la naturaleza del material detrítico.

Una situación particular se observa en el caso de los denominados conos mixtos. Destacan los grandes conos de talud desarrollados aguas arriba de Ojos de Agua, sobre ambas márgenes de la quebrada del Agua Negra. Presentan grandes dimensiones con el ángulo de inclinación de su superficie del orden de los 20° (algo menos que los anteriores). Se desarrollan al pie de quebradas tributarias muy empinadas donde emergen a la planicie aluvial del arroyo del Agua Negra. Están compuestos por diamictos cuya composición varía dependiendo del área de aporte. En cortes de los conos se reconoce una grosera estratificación, generada por la superposición de flujos de detritos. Estos tipos de conos se forman principalmente por flujos de detritos reiterados a lo largo de las quebradas que se encuentran aguas arriba del ápice de los mismos, al que se suma el

aporte de material por caídas de rocas, reptaje y acción fluvial efímera. A pesar de estar compuestos en gran proporción por flujos de detritos, en el mapa geomorfológico se los ha incluido dentro de la unidad denominada conos de talud, por su morfología característica y porque participan en su formación otros procesos previamente mencionados.

Desde la zona de Ojos de Agua hasta la confluencia con la quebrada de Las Mulas se los ha reconocido principalmente sobre la ladera norte de la quebrada del Agua Negra. En general son formas inactivas, ya que su superficie se encuentra cubierta por vegetación y muy degradada, además de estar siendo erosionados por el arroyo del Agua Negra en su porción distal (Fig. 15 y Fig. 16). En muchos de estos conos se reconoció la presencia de detrito estratificado, característica distintiva de los ambientes criogénicos, tal como se señaló arriba.

También se los reconoce aguas arriba de Ojos de Agua, pero en este caso se encuentran activos. En muchos casos se desarrollan glaciares de rocas lobados en su porción distal. En la zona de la mina San Martín se desarrollan conos con características

similares y en su superficie se distingue claramente la acción de flujos de detritos. Se reconocen numerosos lóbulos y canales de flujos e incluso se observa la reiteración de episodios, ya que flujos los más jóvenes cubren o cortan a los anteriores.



Figura 15. Taludes de caídas de roca (*rock fall talus*).



Figura 16. Caídas de roca que pueden generar endicamientos y fenómenos de erosión al pie del terraplén de la ruta.

Geoformas Fluviales

El arroyo del Agua Negra constituye el río troncal de la cuenca. Se origina en el frente del glaciar homónimo, a una cota de 4.500 m s. n. m. y su desembocadura en el sector pedemontano se encuentra a los 2.600 m s. n. m. La longitud del curso en el ambiente de la Cordillera Frontal es de 57 km. La quebrada del Agua Negra presenta un fuerte control estructural, con una orientación NNO-SSE en el tramo superior de la cuenca y adquiriendo luego una orientación E-O en las cercanías de la desembocadura. El control estructural se hace evidente al observar la orientación paralela de las quebradas ubicadas al norte del área de estudio, como las de Arrequeintín, Agua Blanca y Mondaca. Desde la zona de la confluencia con el arroyo San Lorenzo, hasta la desembocadura, el curso es transversal a las estructuras principales.

Si bien las geoformas glaciarias y criogénicas son muy importantes en la zona estudiada, esto no implica que la acción fluvial sea de menor importancia en el modelado del paisaje. El arroyo del Agua Negra presenta un régimen glacio-nival. Es el único recurso de agua que abastece la localidad de Las Flores y otras pequeñas poblaciones (Leiva 1999). Presenta un caudal medio de 5 m³/s (Moreno 2000), con una variabilidad estacional notoria. Recibe aportes de tributarios como los arroyos San Lorenzo, La Pirca y Quebrada Áspera, cuyos caudales está también controlados por fusión estival.

El diseño de la red de drenaje está fuertemente controlado por la litología y estructura, y en menor grado por los procesos geomorfológicos dominantes. A lo largo de la ladera sur de la quebrada el diseño de la red de drenaje es subdendríptico, evidenciando el control estructural presente. En las cercanías de la desembocadura de la quebrada, en muchos casos los tributarios forman ángulos rectos al unirse al troncal. Sobre la ladera norte, el diseño es paralelo, condicionado principalmente por la alta pendiente de la misma. En la zona de la desembocadura el diseño de la red de drenaje es angular a paralelo, controlado por la elevada pendiente y la gran cantidad de fracturas que afectan a las sedimentitas del Paleozoico superior.

La densidad de drenaje varía notablemente en los tramos inferior y superior de la quebrada, debido a las diferentes características litológico-estructurales de las rocas aflorantes. En el tramo inferior, donde afloran las sedimentitas integrantes de la Formación Agua Negra, muy fracturadas y diaclasadas, la red de drenaje presenta mayor densidad que en el tramo superior.

Entre las geoformas generadas por acción fluvial se han identificado en el mapa abanicos aluviales, planicies aluviales y terrazas fluviales. Además, en el sector pedemontano, se desarrollan extensos niveles de bajadas.

Planicies Aluviales de los Arroyos del Agua Negra, San Lorenzo y Tributarios Menores

La planicie aluvial del arroyo del Agua Negra muestra variaciones a lo largo de su recorrido. Desde la zona de La Olla, aguas abajo de la planicie glacifluvial actual, hasta Ojos de Agua, el hábito del curso es entrelazado y la planicie aluvial es muy extensa. Su ancho varía desde 80 m en la porción superior de la quebrada, a 150 m en la zona de la confluencia de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo. Aguas abajo disminuye a 50 m, para alcanzar su máxima extensión, con 500 m de ancho en la zona del Arenal. La planicie aluvial está compuesta por material grueso, mal seleccionado cuya granulometría varía entre 1 y 15 cm. El material es muy anguloso y composicionalmente incluye a todas las litologías aflorantes en la quebrada. En su superficie se distinguen paleocanales y barras cuya altura no supera los 50 cm. Un rasgo muy marcado a lo largo de la misma es la ausencia de material fino en superficie, debido a la intensa deflación eólica que afecta la zona. En la zona del Arenal, el curso presenta hábito entrelazado, con barras longitudinales y canales menores, secundarios. Las barras presentan una longitud media de 20 m y un ancho medio de 5 m, el ancho del canal principal varía entre 5 y 7 m. En el tramo inferior de la quebrada del Agua Negra, aguas abajo de Ojos de Agua, el curso adquiere hábito más sinuoso. El canal principal se encuentra bastante estabilizado, evidenciado por el crecimiento de vegetación en sus laterales. El material que integra la planicie aluvial presenta características similares al tramo superior, con una mayor participación de materiales más finos (Fig. 17).

En este tramo se reconocen sectores con diferentes características. Desde Ojos de Agua hasta la desembocadura de la quebrada de Las Mulas, la planicie aluvial se torna muy angosta, su ancho no supera los 20 m. En esta zona el valle se encajona entre los afloramientos de la Formación Agua Negra. En este tramo el curso presenta hábito sinuoso y se reconoce un solo canal en cuyos laterales crece abundante vegetación. La profundidad máxima del canal es de 50 cm. En ciertos sectores el ancho de la planicie aluvial se limita al ancho del curso. En



Figura 17. Planicie aluvial y terraza del arroyo del Agua Negra en las cercanías de la desembocadura de la quebrada de San Lorenzo.

el sector ubicado entre Ojos de Agua y Bordo Atravesado, el curso fluye sobre depósitos glaciares.

Aguas abajo de la quebrada de Las Mulas el ancho de la planicie aluvial aumenta hasta 70 m y el curso presenta características similares a las descritas para el tramo previo, es decir, es monocal y adquiere mayor sinuosidad (transicional a meandriforme). El mayor desarrollo de vegetación en los sectores convexos podría estar indicando el desarrollo de barras en espolón incipientes (*point bars*). Aguas abajo del puesto de gendarmería de Guardia Vieja, se desarrollan barras longitudinales gravosas en el centro del canal. Atravesando las barras se diferencian canales secundarios inactivos, colonizados por vegetación. Aguas abajo, el curso sigue presentando alta sinuosidad, pero se torna multicanal con mayor desarrollo de barras longitudinales gravosas. La planicie aluvial es muy ancha, llegando a los 300 m. Hacia la confluencia con la quebrada de Arrequeñtín el hábito del curso se torna entrelazado nuevamente.

El desarrollo de un hábito entrelazado en el área estudiada es favorecido por la alta pendiente, la descarga alta y variable que está condicionada por el clima de la región, y la alta disponibilidad de material grueso. Debe tenerse en cuenta, además, la historia glaciaria previa de la zona. Los tramos que adquieren mayor sinuosidad, con un hábito meandriforme incipiente, podrían estar relacionados con una disminución de la pendiente o de la granulometría del material.

La planicie aluvial del arroyo San Lorenzo muestra características similares a la del Agua Negra. Su ancho en general no supera los 100 m y el hábito del curso es entrelazado a lo largo de casi todo su recorrido, exceptuando aguas abajo del depósito del deslizamiento ubicado en su margen izquierda, donde el curso adquiere mayor sinuosidad.

Las planicies aluviales y relleno de valles de cursos tributarios presentan características semejantes a las antes descritas, si bien en dimensiones considerablemente menores.

En el tramo inferior de la quebrada se trata de cursos efímeros, de hábito entrelazado y con pequeñas planicies aluviales, de escaso espesor y cuyo ancho no supera los 20 m. En las cabeceras de las quebradas, los pisos de los valles se encuentran agrados debido principalmente al encauzamiento de flujos de detritos. Esto se observa principalmente en el tramo inferior de la Cordillera del Agua Negra, en la zona del cerro El Bronce. Los cursos troncales de las cuencas tributarias, como el arroyo de la Quebrada Áspera, de Las Mulas, Largo y las Tranquitas de Abajo, desarrollan planicies aluviales de mayor extensión, pero con características similares. Presentan una orientación N-NE evidenciando control estructural debido a fracturas que afectan a las sedimentitas paleozoicas. En el tramo superior de la cuenca, desde la zona de la quebrada de La Pirca hasta las nacientes de la quebrada, los valles también muestran control estructural, con predomi-

nio de direcciones NE-SO. Las planicies aluviales muestran escaso desarrollo, con cursos de hábito entrelazado y en muchos casos se observa incisión de los depósitos glaciarios y glacifluviales previos. El régimen de los cursos tributarios, en ciertos casos es permanente, como en la quebrada de La Pirca y quebradas ubicadas en el tramo norte de la Cordillera de Olivares. En muchos es efímero o intermitente, ya que los cursos fluyen en verano por el aporte de agua de fusión, mientras que en invierno permanecen secos.

Terrazas Fluviales y Abanicos Aluviales

Además de los niveles de terraza labrados sobre los depósitos glacifluviales, a lo largo de la quebrada del Agua Negra se reconocen niveles de terraza de escasa altura, labrados en depósitos de origen fluvial. En la confluencia de los arroyos del Agua Negra y San Lorenzo y en la zona de Ojos de Agua-El Arenal, adquieren mayor extensión, aunque no superan el metro de altura. Están compuestas por material similar al que constituye las planicies aluviales actuales. Aguas abajo de Ojos de Agua, también se desarrollan niveles de terraza de escasa altura, evidenciados principalmente por el crecimiento de vegetación. Estos niveles tampoco superan el metro de altura y se reconocen de manera saltuaria sobre ambas márgenes de la quebrada. Un kilómetro aguas abajo del puesto de gendarmería de Guardia Vieja se desarrolla un nivel de terraza aluvial que llega a los 2 m de altura. Está compuesto por diamictos intercalados con conglomerados con matriz arenosa y pequeñas lentes areno-pelíticas.

El origen de estos niveles de terraza podría estar relacionado a factores climáticos y/o tectónicos. La profundización podría deberse a la disminución del aporte sedimentario posteriormente al retiro de los hielos, aunque son numerosas las condiciones climáticas que pueden generar la profundización del curso. La actividad tectónica, muy importante en la zona, puede influenciar el desarrollo de niveles de terrazas, al producir un descenso relativo del nivel de base, con la consecuente profundización del curso.

En los laterales de la quebrada del Agua Negra se observan abanicos aluviales en la desembocadura de la mayoría de las quebradas tributarias. Los abanicos ubicados aguas arriba de la zona de Ojos de Agua adquieren grandes dimensiones, mientras que las ubicadas aguas abajo son más pequeños. Se reconocen abanicos aluviales activos e inactivos, estos últimos en muchos casos, atrincherados. Los abanicos ubicados en el tramo superior de la cuenca

del arroyo del Agua Negra, desde la zona de La Olla hasta la confluencia con la quebrada de San Lorenzo, son activos y adquieren grandes dimensiones sobre los laterales de la quebrada. En el sector superior y sobre la margen izquierda de la misma coalescen lateralmente. Los de mayores dimensiones presentan una extensión máxima de 500 m y su superficie alcanza 0,25 km². La pendiente longitudinal de los mismos varía entre 4 y 12°, lo que evidencia que en la conformación de estos ha participado también la remoción en masa (flujos de detritos). Están compuestos por detrito proveniente de las volcanitas de los Grupos Choiyoi y Doña Ana y de las zonas de alteración hidrotermal. Además, debe considerarse también el aporte a partir de la erosión de depósitos glaciarios. Los que están ubicados aguas arriba presentan menor pendiente, están compuestos por material más fino y reciben un alto aporte de agua de fusión (Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20 y Fig. 21).

En los laterales de la quebrada de San Lorenzo se desarrollan también abanicos aluviales de grandes dimensiones. El ángulo de inclinación de su superficie varía entre 5 y 12°. Sobre la margen norte de la quebrada se observan los remanentes de un gran abanico, que se encuentra atrincherado y erosionado en su porción distal por el arroyo San Lorenzo. En su superficie se reconocen, a pesar de estar bastante degradada, las evidencias de flujos de detritos como canales y lóbulos. Sobre la ladera sur también se desarrollan abanicos atrincherados, aunque de menor tamaño que los de la ladera opuesta.

Aguas abajo de la confluencia con la quebrada de San Lorenzo y hasta la zona de Ojos de Agua, principalmente sobre la margen sur de la quebrada del Agua Negra, se encuentran también grandes abanicos aluviales. Presentan características similares a los descritos previamente. El abanico ubicado en la ladera sur de la quebrada en la zona de Ojos de Agua es el que presenta mayores dimensiones, con un radio mayor a 500 m y una superficie de 0,53 km². La mayoría de los abanicos se ubican en la ladera sur debido al tamaño y pendiente de las cuencas que los alimentan, en la ladera norte, la alta pendiente favorece el desarrollo de conos de talud en lugar de abanicos aluviales.

Aguas abajo de La Estrechura, se desarrollan también abanicos aluviales en las desembocaduras de las quebradas tributarias. Los que presentan mayores dimensiones se encuentran en la desembocadura de los arroyos de la quebrada Áspera, de las Tranquitas Abajo y Las Mulas. Estos abanicos se encuentran muy degradados y vegetados. En su



Figura 18. Abanico aluvial a la salida de una quebrada tributaria proveniente de la Cordillera de Olivares.



Figura 19. Acumulación de bloques en abanico aluvial atravesado por la ruta



Figura 20. Acumulación de bloques debidos a un fenómeno de flujo (*debris flows*) en conos mixtos (aluvio-coluviales).



Figura 21. Abanico aluvial disectado por la construcción de la ruta. Se observa el tamaño del depósito y de los bloques.

superficie se reconocen también, evidencias de flujos de detritos.

En general, a partir de la observación de los diferentes abanicos aluviales de la quebrada, puede establecerse que la mayoría de los mismos están dominados por flujos densos. En los casos donde pudo accederse a perfiles se reconoce una grosera estratificación generada por la superposición de depósitos de flujos de detritos. Entre los factores que favorecen el desarrollo de flujos densos deben tenerse en cuenta las altas pendientes de las cuencas tributarias, el régimen de los cursos dominado por fusión estival, la alta disponibilidad de detritos y su condición inestable en la superficie de las cuencas (tal como se dijera en el apartado precedente). Ballantyne (2002) señaló la presencia de grandes abanicos aluviales con alta participación de flujos de detritos y conos de talud como una de las características principales de los ambientes "paraglaciales". Posteriormente al retiro de los hielos en áreas montañosas, se generan gran cantidad de conos de talud y abanicos aluviales, cuyo principal aporte es el retrabajo de detrito glacial. Cuando el hielo se retira de las artesas comienza a producirse la removilización de los depósitos glaciales, glacialfluviales y glaciallacustres por flujos de detritos y acción fluvial. En algunos casos ha sido posible observar escasas intercalaciones de sedimentos eólicos y lacustres.

Antiguos Niveles de Bajadas

En el sector oriental del área de estudio, en la zona de la desembocadura de la quebrada del Agua Negra en el ambiente pedemontano se reconocen dos niveles de bajada. Uno elevado correspondiente a un antiguo nivel pedemontano, observable como remanentes en forma de lomadas alargadas y el nivel de acumulación actual. La inclinación de su superficie en sentido longitudinal es de aproximadamente 5°. En la zona de la desembocadura de la quebrada, el espesor mínimo expuesto es de 4 m y la diferencia de altura entre el primer y segundo nivel supera los 20 m. Están compuestos por espesos bancos conglomerádicos levemente consolidados, integrados por clastos mal seleccionados de litologías variadas y matriz areno-gravilosa. Presentan intercalaciones de lentes de conglomerados clasto sostén, donde el tamaño de los clastos no supera los 7 cm. Es común que se desarrollen cárcavas a expensas de estos depósitos. El hábito de los cursos es entrelazado y el diseño de la red de drenaje es distributaria.

Sobre la superficie de los niveles pedemontanos se ha desarrollado un pavimento del desierto y se

observan, además acumulaciones de arenas eólicas. Los clastos gruesos acumulados muestran barniz del desierto en su superficie, así como puntuaciones y evidencia de abrasión eólica.

En el tramo ubicado al sudoeste de Las Juntas, la superficie del primer nivel pedemontano presenta en perfil longitudinal, cierto grado de deformación y su ángulo de inclinación es menor. Hacia la zona de la confluencia de las quebradas del Agua Negra y Arrequeñtín, afloran sedimentitas de la Formación Agua Negra, interrumpiendo el desarrollo de los niveles pedemontanos, lo que podría estar indicando la deformación de los niveles de bajada posteriormente a su formación por la presencia de una falla paralela al frente montañoso. Hacia el este en la depresión Barreal-Rodeo (fuera del área abarcada por este estudio), se reconocen numerosas fallas con actividad neotectónica, que afectan a los depósitos de bajadas. En las cercanías del área estudiada, también en la zona pedemontana, se han observado remanentes de niveles que podrían corresponder a pedimentos.

La mayoría de los autores sugieren una edad pleistocena para los mismos y opinan que su génesis está relacionada con la glaciación de la Cordillera Frontal. Sin embargo, los diferentes pulsos tectónicos que afectan la región, podrían también ser la causa de su formación y de las características observadas en los mismos. Según diferentes autores la actividad tectónica en la zona del frente montañoso y principalmente hacia el este, en la cuenca de Barreal-Rodeo es muy intensa.

Geoformas Endógenas: Planicie Estructural Lávica-Ignimbrítica

En el tope de la cordillera de Olivares, al sur de la quebrada del Agua Negra se observa una planicie en altura. En el área de estudio alcanza una superficie aproximada de 35,59 km², aunque debe destacarse que continúa hacia el sur, hasta la zona del río San Francisco. Bastías (1991) estimó que su extensión llega a los 800 km². Es una superficie subhorizontal que se eleva por encima de los 5.000 m s. n. m. Sobre la misma se reconocen una serie de elevaciones y depresiones, controladas por la presencia de cuerpos hipabisales. Corresponde a la superficie de la pila volcánica que integra el grupo Olivares, más específicamente la Formación Barrancas del Olivares (Bastías 1991). El gran volumen de rocas volcánicas y piroclásticas sepultó el relieve preexistente y generó esta superficie que constituye una planicie estructural lávica-piroclástica.

Esta unidad geomórfica de origen endógeno se encuentra sometida actualmente a procesos criogénicos, reconociéndose sobre la misma numerosos campos de nieve y hielo de grandes dimensiones, lóbulos de gelifluxión y depresiones que podrían corresponder a nichos de nivación. Debe aclararse que presenta características similares a las superficies de crioplanación, pero debido a su origen volcánico se la ha denominado como una unidad diferente. Se formó durante el Mio-Plioceno, como consecuencia del volcanismo que afectó a la cordillera de Olivares.

Al sur, ya fuera del área de estudio se reconoce una estructura efusiva, con características de caldera. Hacia el sureste de la anterior, en las nacientes de la quebrada de Chita, Bastías (1991) describió una caldera de 8 km de diámetro y, además, mencionó que en el extremo sudeste de la planicie lávica-ignimbrítica se desarrollan numerosos centros efusivos y coladas muy bien preservadas.

8. IMPLICACIONES GEOTÉCNICAS

En este apartado se describen los principales parámetros geotécnicos y geomecánicos de los distintos tipos de materiales superficiales no consolidados, así como del macizo rocoso, aflorantes en la zona de estudio y disectados por los taludes generados por el trazado de la ruta. En el Anexo II se incluye la caracterización de los taludes generados (y/o laderas naturales) en el tramo de ruta estudiado y su relación con las obras de contención y drenaje asociadas. Se inspeccionaron un total de 61 puntos, en los cuales los taludes (y/o laderas naturales) identificados presentan algún tipo de riesgo geológico asociado. Los datos recabados en cada una de estas ubicaciones se adjuntan al mismo en formato de planillas individualizadas y denominadas como Informes de Inspección de Taludes.

Caracterización Geotécnica de los Materiales Superficiales No Consolidados

Los materiales superficiales no consolidados de la zona de estudio exhiben gran variabilidad en sus características. En este apartado se tendrán en cuenta exclusivamente los materiales de los principales depósitos no consolidados que son disectados por los taludes generados por el trazado de la ruta.

En líneas generales, las laderas sobre estos materiales son potencialmente inestables. La estabilidad de los taludes generados sobre ellos depende de varios

factores, entre otros: el espesor y el tipo de material, el contenido de humedad, la forma y la pendiente del talud y las características del sustrato rocoso. Las superficies de las pendientes en las que se asientan son generalmente rocosas, abruptas e inclinadas. Entre el sustrato rocoso y estos depósitos no consolidados tiende a circular el agua hipodérmica, la cual reduce el esfuerzo de corte. Los ángulos de reposo de estos materiales varían en función de numerosos factores, entre los que destaca la presencia o no de materiales finos, que brindan cohesión a los gruesos. En general, suelen tener ángulos de reposo que varían entre 35° y 30° aproximadamente, y como consecuencia, cualquier pendiente disectada sobre ellos, de mayor inclinación, debe ser considerada como potencialmente inestable. La presencia de un sustrato rocoso por debajo de los depósitos a poca profundidad reduce considerablemente el ángulo de reposo.

Los depósitos glacifluviales aterrazados disectados por los taludes generados en el tramo inferior de la ruta son en general depósitos mal seleccionados, con bajo grado de consolidación y compactación. Están formados por clastos de diversas litologías aflorantes de la quebrada del Agua Negra (Formación Agua Negra: clastos de cuarcita, pizarra o pelita, de colores oscuros, subangulosos y diámetros centimétricos; Granito Agua Negra: clastos de granito, de colores claros, de redondeados a subredondeados y diámetros decimétricos; Grupo Choiyoi: clastos de volcanita, de colores oscuros, subangulosos de diámetros centimétricos) y abundante matriz de arenosa a areno-limosa de colores variados, de castaño claro, amarillo, gris a ocre, de muy baja cohesión y muy baja consistencia. Presentan imbricación de clastos y una grosera estratificación subhorizontal. Estos materiales pertenecen principalmente a la clase GW, y en menor medida a las clases SP y SW, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. La primera corresponde a gravas y arenas bien seleccionadas, casi sin finos; las otras dos son arenas con gravas bien y mal seleccionadas, con escasos finos. Son materiales en general permeables, fácilmente erosionables y por tanto poco estables en taludes verticales artificiales.

Los depósitos de conos de talud y de caída de rocas disectados por los taludes generados en los tramos medio y superior de la ruta son depósitos inconsolidados y mal seleccionados. Están formados por clastos monolitológicos (su composición refleja las rocas aflorantes en el área de aporte), de angulosos a muy angulosos, de diámetros de centimétricos hasta métricos y en ocasiones, presencia de escasa

matriz de limo-arenosa a arenosa de color castaño claro y de baja a muy baja consistencia. Estos materiales pertenecen principalmente a la clase GP, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, correspondiente a gravas mal seleccionadas, con mezclas de arena y casi sin finos. Son materiales en general muy permeables, con disposiciones caóticas y sueltas de los clastos y por tanto muy poco estables en taludes verticales artificiales.

Los depósitos de abanicos aluviales disectados por los taludes generados en los tramos medio y superior de la ruta son depósitos mal seleccionados con bajos grados de consolidación y compactación (en algún caso se encuentran moderadamente consolidados y compactados). Están formados por clastos de composiciones dependientes del área de aporte, de subangulosos a subredondeados, de diámetros centimétricos y decimétricos y abundante matriz de limosa a limo-arenosa de colores castaños claros, rojizos, ocre y amarillentos y de baja a muy baja consistencia (en algún caso con moderadas consistencias). Estos materiales pertenecen principalmente a las clases GW y GM, y en menor medida a las clases SW y SM, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. La primera corresponde a gravas y arenas bien seleccionadas, casi sin finos; la segunda a gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo; la tercera a arenas bien seleccionadas, arenas con grava, casi sin finos; y la cuarta a arenas limosas, mezclas de arena y limo. Son materiales en general moderadamente permeables, fácilmente erosionables y por tanto muy poco estables en taludes verticales artificiales. En los casos puntuales en los que los depósitos se encuentran más consolidados y compactados, con matrices más limosas y consistentes, la estabilidad en taludes verticales artificiales es algo superior.

Los depósitos de rellenos de valles de cursos de agua tributarios disectados por los taludes generados en el tramo medio de la ruta son depósitos inconsolidados. Están formados fundamentalmente por clastos de composiciones dependientes del área de aporte, generalmente subangulosos, de diámetros de decimétricos hasta métricos y generalmente sin presencia de matriz (en algunos casos escasa presencia de matriz de limo-arenosa a arenosa de colores castaños claros y rojizos y de baja a muy baja consistencia). Estos materiales pertenecen a la clase GP, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, correspondientes a gravas mal seleccionadas, con mezclas de arena y casi sin finos. Son materiales en general muy permeables, con disposiciones muy sueltas de los clastos y por tanto muy poco estables en taludes verticales artificiales.

Los depósitos criogénicos disectados por los taludes generados en el tramo superior de la ruta son depósitos inconsolidados y mal seleccionados. Están formados fundamentalmente por clastos monolíticos (su composición refleja la roca aflorante), angulosos, de diámetros centimétricos y decimétricos. Estos materiales pertenecen a la clase GP, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, correspondientes a gravas mal seleccionadas, con mezclas de arena y casi sin finos. Son materiales en general muy permeables, con disposiciones sueltas de los clastos y por lo tanto muy poco estables en taludes verticales artificiales.

Caracterización Geotécnica del Macizo Rocosó

En este apartado se han considerado las características geotécnicas y geomecánicas que han permitido realizar una caracterización abarcativa y aplicada exclusivamente de los distintos tipos del macizo rocosó aflorante y disectado por los taludes generados por el trazado de la ruta, correspondiéndose con las siguientes unidades geológicas:

- Formación Agua Negra, cuyos afloramientos disectados por la ruta se limitan a su tramo inferior.
- Plutón Agua Negra, cuyos afloramientos disectados por la ruta se limitan a un tramo muy reducido y acotado de su tramo central.
- Grupo Choiyoi, cuyos afloramientos disectados por la ruta se limitan a su tramo superior.

Para la caracterización de los distintos tipos del macizo rocosó se ha utilizado la clasificación RMR establecida originariamente por Bieniawski (1989), siguiéndose metodológicamente los lineamientos básicos establecidos por González de Vallejo (2004) (Cuadro 2). Las observaciones de campo se realizaron en diferentes exposiciones rocosas generadas por los taludes artificiales consideradas como representativas. La información contenida en cada una de las planillas de inspección de taludes que se adjuntan en el Anexo II es la síntesis de estas observaciones, siendo los siguientes parámetros los que han permitido realizar una caracterización abarcativa y aplicada del macizo rocosó en cuestión:

- Matriz rocosa: clasificación, meteorización y resistencia.
- Discontinuidades: orientación, espaciado, continuidad o persistencia, rugosidad, abertura, relleno y filtraciones.
- Otros aspectos: número de familias de discontinuidades, tamaños de bloques y cálculo del RQD (*Rock Quality Designation*).

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN									
1	Resistencia a la compresión simple (MPa)	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	< 1	
	Puntuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	100-90	90-75	75-50	50-25			< 25	
	Puntuación	20	17	13	6			3	
3	Espaciado entre discontinuidades (m)	> 2,00	2,00-0,60	0,60-0,20	0,20-0,06			< 0,06	
	Puntuación	20	15	10	8			5	
	Continuidad o persistencia (m)	< 1	1-3	3-10	10-20			> 20	
	Puntuación	6	4	2	1			0	
	Abertura (mm)	Nada	< 0,1	0,1-1,0	1-5			> 5	
	Puntuación	6	5	4	1			0	
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Algo rugosa	Lisa			Con estrías	
	Puntuación	6	5	3	1			0	
	Relleno	Ninguno	Duro (< 5mm)	Duro (> 5mm)	Blando (< 5mm)			Blando (> 5mm)	
	Puntuación	6	4	2	2			0	
	Alteración	I	II	III	IV			V-VI	
	Puntuación	Roca sana/fresca	Ligeramente alterada	Bastante alterada	Muy alterada			Descompuesta	
	Puntuación	6	5	3	1			0	
	Agua freática	Seco	Húmedo	Mojado	Goteando			Fluyendo	
	Puntuación	15	10	7	4			0	
5									
CORRECCIÓN POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES									
	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables			Muy desfavorables	
	Puntuación (taludes)	0	-5	-25	-50			-60	
CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS									
	Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3-4	2-3	1-2			< 1	
	Ángulo de rozamiento	> 45°	35-45°	25-35°	15-25°			< 15°	
CATEGORIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN CLASES									
	Valoración RMR	100-81	80-61	60-41	40-21			< 21	
	Clase	I	II	III	IV			V	
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala			Muy mala	

Cuadro 2. Clasificación Geomecánica RMR (Modificado de Bieniawski 1989).

Formación Agua Negra

Los materiales de esta unidad están compuestos por alternancia de bancos decimétricos y métricos de cuarcitas y areniscas de colores de pardo oscuro a grises claros, de tamaño de grano de fino a medio, y niveles centimétricos y decimétricos de pelitas oscuras, observándose también pizarras. En conjunto, el macizo rocoso que conforma estos materiales está

meteorizado y es intensamente fracturado en bloques generalmente tabulares decimétricos y métricos, a brechificado en bloques irregulares decimétricos. En función de los grados de meteorización definidos por la International Society for Rock Mechanics (en adelante ISRM), las rocas están en general entre los grados II y III, catalogándose el macizo rocoso de ligeramente a moderadamente meteorizado (Cuadro 3).

GRADO DE METEORIZACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
I	Fresco	No aparecen signos de meteorización.
II	Ligeramente meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

Cuadro 3. Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso (ISRM 1981).

Mediante la utilización de un cuchillo y martillo de geólogo se puede estimar la resistencia uniaxial según la clasificación de la ISRM. Todas las determinaciones realizadas en el campo en los afloramientos estudiados permiten asignar las rocas de los bancos cuarcíticos y areniscos a las clases R3 y R4, roca de moderadamente dura a dura, y las rocas de los niveles pelíticos y pizarrosos a las clases R1 y R2, roca de muy blanda a blanda (Cuadro 4). La resistencia a la compresión simple aproximada en forma empírica para estas clases corresponde a rangos de 25-100 MPa para las rocas del primer grupo y de 1-25 MPa para las del segundo (Cuadro 4). En este caso, la alternancia en niveles de materiales de muy diferentes competencias y comportamientos geomecánicos condiciona el comportamiento global del macizo rocoso. Los parámetros geotécnicos de los bancos cuarcíticos y areniscos indicarían mayor estabilidad, pero que considerados en conjunto con los niveles pelíticos y pizarrosos, son relativizados. Así, la debilidad geomecánica de los niveles pelíticos y pizarrosos constituye el valor de referencia

y global del macizo rocoso, ya que al producirse su desagregación se inestabiliza todo el conjunto.

En cuanto al análisis de discontinuidades, se pueden reconocer varias familias de diaclasas de primer y segundo orden, identificándose tres principales y sistemáticas, además de la marcada esquistosidad y foliación de estos materiales. De las familias de discontinuidades principales se reconocen una primera familia con orientación en torno a 60°/305, espaciados de juntos a moderadamente juntos (120 a 300 mm), continuidades o persistencias medias (4 a 7 m), aberturas abiertas (1 a 3 mm), superficies planas y lisas, sin relleno, juntas secas y sin evidencia de agua. Una segunda familia de diaclasas con orientación en torno a 84°/220 (perpendicular a la orientación de la primera), espaciados de muy juntos a moderadamente juntos (50 a 500 mm), continuidades o persistencias medias (4 a 7 m), aberturas abiertas (1 a 3 mm), superficies planas y lisas, sin relleno, juntas secas y sin evidencia de agua; y una tercera familia de diaclasas con orientación en torno a 30°/328, espaciados separados (600 mm a

CLASE ROCA	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente.	1-5
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5-25
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo de geólogo sólo saltan esquirlas.	> 250

Cuadro 4. Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo (ISRM 1981).

2.000 - 3.000 mm, orden métrico), continuidades o persistencias bajas (2 a 4 m), aberturas de abiertas a anchas (milimétricas la mayoría hasta 10 - 20 mm), superficies planas y lisas (la mayoría) a onduladas y ligeramente rugosas, sin relleno (la mayoría), alguna con relleno de material fino fracción limo, juntas secas y sin evidencia de agua.

La clasificación de macizos rocosos planteado por ISRM (1981) contempla 9 tipos según el número de familias de discontinuidades, de I a IX (Cuadro 5). Acorde a la misma, el macizo rocoso se clasifica dentro de los tipos VIII y IX, con cuatro o más familias de discontinuidades identificadas y hasta brechificado.

TIPO MACIZO	NÚMERO DE FAMILIAS
I	Masivo, discontinuidades ocasionales.
II	Una familia de discontinuidades.
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales.
IV	Dos familias de discontinuidades.
V	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales.
VI	Tres familias de discontinuidades.
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales.
VIII	Cuatro o más familias de discontinuidades.
IX	Brechificado.

Cuadro 5. Clasificación de macizos rocosos por el número de familias de discontinuidades (ISRM 1981).

Para la caracterización del tamaño de bloques del macizo rocoso se ha determinado el índice J_v . Este valor se obtiene a partir de la determinación del número total de discontinuidades que intersectan una unidad de

volumen de macizo rocoso, en este caso 1 m^3 (Cuadro 6). Así, para este macizo rocoso en cuestión, el valor medio determinado del índice J_v es superior a 30, correspondiendo a bloques muy pequeños.

DESCRIPCIÓN	J_v (discontinuidades/ m^3)
Bloques muy grandes	< 1
Bloques grandes	1-3
Bloques de tamaño medio	3-10
Bloques pequeños	10-30
Bloques muy pequeños	> 30

Cuadro 6. Descripción del tamaño de bloque en función del número de discontinuidades (ISRM 1981).

A partir de las determinaciones realizadas, es posible evaluar el grado de fracturación global del macizo rocoso. El índice utilizado con mayor frecuencia para la definición del grado de fracturación del macizo rocoso se conoce como RQD (*Rock Quality Designation*). Este índice puede estimarse empíricamente a partir del índice J_v según las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{RQD} &= 115 - 3,3 J_v && \text{para } J_v > 4,5 \\ \text{RQD} &= 100 && \text{para } J_v < 4,5 \end{aligned}$$

Y según el cual:

Valores de $\text{RQD} > 65$, corresponde a un macizo rocoso de calidad aceptable.

Valores de $\text{RQD} < 30$, corresponde a un macizo rocoso de calidad pobre.

Así, para este macizo rocoso en cuestión, teniendo el valor medio determinado del índice J_v

superior a 30, el índice RQD se estima en un valor inferior a 16, correspondiente a un macizo rocoso de calidad pobre.

Finalmente se ha realizado la Clasificación Geomecánica del Macizo Rcoso RMR (*Rock Mass Rating*). Es un método paramétrico que consiste en la obtención de un índice a partir de la suma de una serie de valores asignado a cinco propiedades específicas. La escala va de 1 a 100 y se agrupan en cinco categorías diferentes. Los parámetros considerados son: resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturación definida por el índice RQD, espaciado de las discontinuidades, condiciones de las discontinuidades y condiciones hidrogeológicas. A los anteriores se suma un factor de corrección según la orientación de las discontinuidades en relación a la cara libre.

Los puntajes obtenidos, aplicando los valores representativos de los parámetros identificados en este macizo rocoso y los rangos de valores planteados por Bieniawski (1989), dan un valor medio de 17 (Cuadro 7).

PARÁMETRO	VALORACIÓN	
1.- Resistencia a la compresión simple	1	
2.- RQD	3	
3.- Espaciado entre discontinuidades	10	
4.- Estado de las discontinuidades	Continuidad o persistencia	2
	Abertura	1
	Rugosidad	1
	Relleno	6
	Alteración	3
5.- Agua freática	15	
Corrección por la orientación de las discontinuidades	-25	
TOTAL (RMR)	17	

Cuadro 7. Valoración total del macizo rocoso (Formación Agua Negra).

En consecuencia, se puede considerar que este macizo rocoso se encuentra en la clase RMR V (calidad muy mala). Esta valoración permite establecer de forma muy general un ángulo de rozamiento para taludes inferior a 15° y valores de cohesión inferiores a 1 kg/cm^2 .

Plutón Agua Negra

El material de esta unidad es principalmente un granito o granodiorita de color gris rosado, de tamaño de grano que varía de medio a grueso. En conjunto, el macizo rocoso que conforma este material está ligeramente meteorizado y fracturado en bloques principalmente cúbicos (algunos columnares), métricos. En función de los grados de meteorización definidos por la ISRM, las rocas están en general en el grado II, catalogándose el macizo rocoso como ligeramente meteorizado.

Las determinaciones realizadas en el campo en los afloramientos estudiados permiten asignar las rocas a las clases R_4 y R_5 , roca de dura a muy dura. La resistencia a la compresión simple aproximada en forma empírica para estas clases corresponde a rangos de 50-250 MPa respectivamente.

En cuanto al análisis de discontinuidades, se reconocen tres familias de diaclasas principales y sistemáticas: una primera familia con orientación subvertical ($90^\circ/254$; $78^\circ/254$), espaciados de separados a muy separados (600 a 2.800 mm), continuidades o persistencias de bajas a altas (2 a 12 m), aberturas de moderadamente anchas a extremadamente anchas (pocos milímetros a 200 mm), superficies de planas a onduladas y de lisas a rugosas, sin relleno (en algún caso de mayores aberturas con relleno de material fino de tamaño de arena muy fina), juntas secas y sin evidencia de agua; una segunda familia de dis-

continuidades con orientación subvertical ($85^\circ/130$), perpendicular a las diaclasas de la primera familia, espaciados de separados a muy separados (600 a 2.000 mm), continuidades o persistencias de bajas a altas (2 a 12 m), aberturas de moderadamente anchas a extremadamente anchas (pocos milímetros a 200 mm), superficies de planas a onduladas y de lisas a rugosas, sin relleno, juntas secas y sin evidencia de agua; y una tercera familia de diaclasas con orientación subhorizontal ($10^\circ/090$; $04^\circ/130$), espaciados de separados a extremadamente separados (de 900 a 5.000 mm), continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 10 m), aberturas de moderadamente anchas a extremadamente anchas (pocos milímetros a varios centímetros), superficies de planas a ligeramente onduladas y de lisas a rugosas, sin relleno (en algún caso de mayores aberturas con relleno de material fino de tamaño de arena muy fina y clastos angulosos graníticos centimétricos), juntas secas y sin evidencia de agua.

Acorde a los datos citados anteriormente y a la clasificación de macizos rocosos planteado por la ISRM, el macizo rocoso se clasifica dentro del tipo VI, con tres familias de discontinuidades identificadas. En cuanto a la caracterización del tamaño de bloques del macizo, los valores determinados del índice J_v oscilan entre 1 y 3, correspondiendo a bloques grandes. Con estos valores, se estima por tanto un valor del índice RQD de 100, correspondiente a un macizo rocoso de calidad aceptable. Los puntajes obtenidos, aplicando los valores representativos de los parámetros identificados en este macizo rocoso y los rangos de valores planteados en la Clasificación Geomecánica del Macizo Rocosos RMR, dan un valor medio de 48 (Cuadro 8).

PARÁMETRO		VALORACIÓN
1.- Resistencia a la compresión simple		7
2.- RQD		20
3.- Espaciado entre discontinuidades		15
4.- Estado de las discontinuidades	Continuidad o persistencia	2
	Abertura	0
	Rugosidad	3
	Relleno	6
	Alteración	5
5.- Agua freática		15
Corrección por la orientación de las discontinuidades		-25
TOTAL (RMR)		48

Cuadro 8. Valoración total del macizo rocoso (Plutón Agua Negra).

En consecuencia, se puede considerar que este macizo rocoso se encuentra en la clase RMR III (calidad media). Esta valoración permite establecer de forma muy general un ángulo de rozamiento para taludes y pendientes naturales entre 25-35° y valores de cohesión comprendidos entre 2 y 3 kg/cm².

Grupo Choiyoi

El material de esta unidad es principalmente una andesita de colores grises claros y verdosos, hasta colores grises oscuros y violáceos, principalmente de tamaño de grano medio y equigranulares. El macizo rocoso que conforma este material está ligeramente meteorizado y fracturado en bloques generalmente columnares (algunos tabulares), métricos en las exposiciones observadas en cotas inferiores a los 4.500 m s. n. m. Hacia cotas superiores, como consecuencia de los efectos de los intensos procesos criogénicos a los que se encuentra sometido este macizo rocoso, en especial los efectos de crioclastismo, el grado de meteorización aumenta, así como el grado de fracturación, pasando a un estado brechificado en bloques decimétricos, de morfologías irregulares y angulosas. En función de los grados de meteorización definidos por la ISRM, las rocas están en el grado II en las cotas inferiores y en el grado III en las cotas superiores, catalogándose el macizo rocoso de ligeramente meteorizado a moderadamente meteorizado, respectivamente.

Las determinaciones realizadas en el campo en los afloramientos estudiados permiten asignar las rocas a las clases R₅ y R₆, roca de muy dura a extremadamente dura. La resistencia a la compresión simple aproximada en forma empírica para estas clases corresponde a rangos desde 100 MPa hasta superiores a 250 MPa.

En cuanto al análisis de las discontinuidades de los afloramientos rocosos de cotas inferiores a los 4.500 m s. n. m., se pueden reconocer varias familias de diaclasas, entre ellas tres principales y sistemáticas, y una o dos ocasionales. De las principales, se reconocen una primera familia de diaclasas con orientación subvertical (87°/202; 83°/174; 82°/210), espaciados de juntos a separados (110 a 320 mm hasta 1700 mm), continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 5 m), aberturas de abiertas a moderadamente anchas (2 a 10-20 mm), superficies planas y lisas, sin relleno, juntas secas y sin evidencia de agua; una segunda familia de discontinuidades también con orientación subvertical (76°/125), perpendicular a la primera familia de diaclasas, espaciados de moderadamente

juntos a separados (260 a 450 mm hasta 1.700 mm), continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 5 m), aberturas de abiertas a anchas (2 a 20-30 mm), superficies planas (en algún caso ligeramente onduladas) y lisas, sin relleno, juntas secas y sin evidencia de agua; y una tercera familia de diaclasas con orientación subhorizontal (15°/042; 6°/212; 10°/240), espaciados separados (800 a 1.700 mm), continuidades o persistencias bajas (1 a 3 m), aberturas de abiertas a muy anchas (milimétricas, la mayoría, hasta 10-30 mm), superficies onduladas (en algún caso planas) y lisas, sin relleno, juntas secas y sin evidencia de agua.

Acorde a los datos citados anteriormente y a la clasificación de macizos rocosos planteado por la ISRM, el estudiado en cotas inferiores a los 4.500 m s. n. m. se clasifica dentro del tipo VII, con tres familias de discontinuidades identificadas más una o dos familias ocasionales. Hacia cotas superiores el macizo rocoso se clasifica dentro del tipo IX, como macizo rocoso brechificado.

En cuanto a la caracterización del tamaño de bloques del macizo rocoso, el valor medio determinado del índice J_v para el mismo a cotas inferiores a los 4.500 m s. n. m. es de 6, correspondiendo a bloques de tamaño medio, y para las cotas superiores, el valor medio del índice J_v es de 30, correspondiendo a bloques pequeños. Por tanto, con estos valores, en el primero de los casos se estima un valor del índice RQD de 95, correspondiente a un macizo rocoso de calidad aceptable, y en el segundo un valor del índice RQD de 16, correspondiente a un macizo rocoso de calidad pobre.

Los puntajes obtenidos, aplicando los valores representativos de los parámetros identificados en este macizo rocoso y los rangos de valores planteados en la Clasificación Geomecánica del Macizo Rcoso (RMR), dan unos valores medios de 51 para el macizo rocoso a cotas inferiores a los 4.500 m s. n. m. y de 25 para cotas superiores (Cuadro 9).

En consecuencia, se puede considerar que el macizo rocoso a cotas inferiores a los 4.500 m s. n. m. se encuentra en la clase RMR III (calidad media) y el macizo rocoso a cotas superiores a la mencionada se clasifica en la clase RMR IV (calidad mala). Esta valoración permite establecer de forma muy general un ángulo de rozamiento para taludes y pendientes naturales entre 25-35° y valores de cohesión comprendidos entre 2 y 3 kg/cm² en el primero de los casos, y ángulo de rozamiento entre 15-25° y valores de cohesión comprendidos entre 1 y 2 kg/cm² en el segundo.

PARÁMETRO	VALORACIÓN		
	Cotas Inf.	Cotas Sup.	
1.- Resistencia a la compresión simple	12	12	
2.- RQD	20	3	
3.- Espaciado entre discontinuidades	15	8	
4.- Estado de las discontinuidades	Continuidad o persistencia	2	2
	Abertura	0	0
	Rugosidad	1	1
	Relleno	6	6
	Alteración	5	3
5.- Agua freática	15	15	
Corrección por la orientación de las discontinuidades	-25	-25	
TOTAL (RMR)	51	25	

Cuadro 9. Valoración total del macizo rocoso (Grupo Choiyoi).

9. PELIGROSIDAD GEOLÓGICA

Si bien los conceptos de peligrosidad y riesgo geológico están estrechamente relacionados, no son sinónimos. El concepto de peligrosidad (o amenaza) se refiere a la evaluación del proceso natural en sí a partir de su tipificación y de la estimación cualitativa de la posibilidad o probabilidad de su ocurrencia independientemente de las consecuencias que pudiera ocasionar. Por otro lado, el concepto de riesgo implica la valoración de los daños y pérdidas económicas y humanas que un proceso natural puede ocasionar. En líneas generales se han seguido los lineamientos trazados por el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) para la realización de este tipo de cartografía temática.

Los procesos activos que pueden constituir amenazas naturales en el área estudiada son:

- Remoción en masa
- Inundaciones
- Erosión hídrica y eólica
- Sismos

Remoción en Masa

En los faldeos de la región considerada el principal factor de peligrosidad está dado por procesos de remoción en masa. Existen diferentes clasificaciones de movimientos gravitacionales, si bien en líneas generales todas suelen utilizar criterios semejantes: tipo de movimiento, velocidad, material implicado, participación del agua. En el presente informe, se han seguido los lineamientos básicos establecidos por Varnes (1978), con las

modificaciones realizadas por Hungr *et al.* (2001) y Hungr *et al.* (2013).

Han sido reconocidos: 1) caídas o vuelcos (*fall*, vuelcos y *topless*), 2) geliflujión, 3) flujos densos (*debrisflows*), 4) avalanchas de rocas, 5) deslizamientos y 6) reptaje.

De ellos, los más frecuentes y los potencialmente más peligrosos en la zona, sobre la base de los fenómenos observados, son los primeros, seguidos por los flujos densos. Si bien no se han observado evidencias claras de la ocurrencia en el pasado reciente de avalanchas de roca, en el caso que las mismas se produjeran sería las más peligrosas, dada la magnitud y velocidad que suelen presentar. Asimismo, debe establecerse que algunos movimientos son complejos, ya que pueden incluir una fase inicial como caída o vuelco y una facies posterior como flujo denso al encauzarse parcialmente en rills o cárcavas preexistentes e incorporar agua a la masa rocosa seca movilizadas originariamente.

En general, las caídas de rocas se producen en la región en las zonas de taludes coluviales, conformando taludes de caídas de rocas, así como en la zona de los circos glaciares y laterales de las artesas glaciares, especialmente en las zonas más elevadas. Por su parte, los flujos densos tienen lugar principalmente en los abanicos aluviales y en los conos de talud. Los primeros suelen ser de mayores dimensiones y consecuentemente producir mayores daños, si bien son menos frecuentes que los de los conos de talud (Fig. 22 y Fig. 23). En ambos tipos de fenómenos los efectos sobre las vías de comunicación, en particular sobre la ruta nacional pueden ser muy destructivos, produciendo daños significativos y cortes totales, que serían puntuales (especialmente).



Figura 22. Los cruces de ruta realizados sobre el arroyo del Agua Negra pueden generar endicamientos en el caso de años de importantes nevadas y obstrucción de las alcantarillas por bloques de grandes dimensiones.



Figura 23. Corte artificial realizado como parte de las obras de construcción de la ruta disectando un talud de caída de rocas. Nótese el tamaño de la acumulación y de los bloques. Los gaviones ubicados al pie serían totalmente ineficaces frente a próximos movimientos.

La mayor parte de las caídas/vuelcos se producen por la combinación de varios factores. En primer lugar, la acción erosiva glaciar y la configuración geológico-estructural resultó en la presencia de

paredones subverticales. En segundo lugar, las discontinuidades estructurales observadas (fallamiento, fracturación, diaclasamientos, zonas de alteración), así como la presencia de una muy activa meteoriza-

ción física, favorecen la ocurrencia de estos procesos gravitacionales en detrimento de los otros.

La existencia de una familia de diaclasas subvertical y casi paralelo al frente rocoso, se materializa en la presencia, en la zona superior de los afloramientos, de potenciales planos de debilidad que favorecen el desprendimiento por la acción de cuña al crecer la fractura hacia abajo. Así, se van separando columnas rocosas del frente del afloramiento. La presencia de un segundo juego de discontinuidades de rumbo transversal al anterior e inclinando en el sentido de la pendiente remata la situación de inestabilidad del paredón rocoso ya que constituye el plano basal del desprendimiento. Los factores disparadores son variados e incluyen precipitaciones importantes, la acción antrópica, sismos y la acumulación de tensiones la que produce los movimientos en un frente ya “preparado”, en este caso esencialmente por la pasada (pero reciente) actividad glaciaria.

Los bloques desprendidos varían entre varios metros (algunos superan los 8 m de diámetro) hasta alrededor de 1 m. En general los bloques mayores se ubican en la zona media de la pendiente, cercanos al frente rocoso, mientras que los materiales más pequeños se ubican a cotas inferiores, si bien también se observan bloques de grandes dimensiones al pie de los faldeos. Generalmente se encuentran en mayor concentración en los cañadones o en sus aledaños. Los detritos menores presentan un comportamiento diferente, ya que suelen dar como resultado geoforras reconocibles. Es frecuente que conformen pequeños conos de caída de rocas que coalescen parcialmente en forma lateral conformando un *rock fall talus*.

Los conos, tal como se dijera, se ubican inmediatamente al pie de la pared. La generación de bloques de dimensiones generalmente inferiores a 40 cm se ve favorecido por la intensa meteorización de roca y la esfoliación que presenta debido al alivio de presión post-glaciario. Los detritos producto de las caídas y de la erosión de talud son re-transportados por la acción del agua superficial, movilizados por reptaje u otros procesos de remoción en masa, conformando la zona media-inferior del talud. Este, está compuesto principalmente por conos de deyección que progradan sobre las formas glaciarias o fluvio-glaciales preexistentes.

Los flujos densos (*debris flows*) se producen por la saturación con agua de los materiales que tapizan la pendiente, los que al moverse incluyen al escaso material edáfico y se encausan parcialmente por los cañadones o cárcavas. No se han observado

evidencias de flujos de dimensiones considerables. De todas formas, debe tenerse en cuenta que su generación se encuentra estrechamente relacionada con las condiciones de estabilidad de las acumulaciones de detritos en las pendientes medias. En ocasiones, los materiales desprendidos en las caídas o vuelcos pueden encausarse parcialmente generando avalanchas de roca. Estos fenómenos en general son los más peligrosos ya que alcanzan velocidades muy grandes.

En relación con la inestabilidad de pendientes debida al accionar de la remoción en masa, los factores controlantes considerados más relevantes en la zona son:

- Tipo litológico aflorante.
- Características climáticas.
- Grado de meteorización y diaclasamiento de las rocas.
- Presencia de cobertura detrítica.
- Inclinación de las pendientes.
- Grado de cobertura y tipo de vegetación de las pendientes.
- Exposición de las pendientes (frente a las lluvias, sol y nieve).
- Suelos de bajo grado de desarrollo.
- Alternancia de litologías de diferentes comportamientos geomecánicos.

En relación a los factores disparadores, se cuentan:

- Grandes lluvias y precipitaciones níveas.
- Sismos.
- Acciones antrópicas.

Entre los factores internos que contribuyen a aumentar el stress se encuentran:

- Bajo grado de cohesión interna de las rocas.
- Incremento de la presión de poros.
- Bajo grado de compactación o agregación de los materiales de las pendientes.
- Presencia de materiales expansivos.
- Plasticidad de algunos materiales.
- Acción de cuña del hielo en los poros y grietas.

A su vez, los factores antrópicos que pueden aumentar las condiciones de inestabilidad son:

- Aumento de vibraciones, por ejemplo, por tránsito de vehículos.
- Sobre empinamiento de las pendientes por excavaciones.
- Voladuras.
- Incremento de peso.
- Manejo del agua en cunetas que aumentan la presión de poros de la roca subyacente.
- Modificaciones en la red fluvial.
- Generación de endicamientos por alcantarillas y/o puentes mal dimensionados.

La influencia de todos estos aspectos ha sido verificada claramente en el sitio estudiado, lo que refuerza la idea del papel desestabilizador central jugado por las ocupaciones humanas en áreas de pendientes.

En las figuras 24 a 28 se observan diferentes factores de peligrosidad geológica, debidos a la combinación de procesos de remoción en masa y fluviales en diferentes sectores de la quebrada del Agua Negra, aguas abajo de la convergencia con la quebrada de San Lorenzo.



Figura 24. Abanico aluvial.



Figura 25. Corte del abanico aluvial al costado de la ruta. La naturaleza del abanico evidencia la alternancia del proceso fluvial y la remoción en masa en su construcción.



Figura 26. Conos de talud y pendientes afectadas por procesos criogénicos.



Figura 27. Cortes artificiales de conos de talud. La pendiente resultante es totalmente inestable.

Caracterización de las pendientes y zonificación de la peligrosidad por remoción en masa

Recapitulando, la mayor parte de las pendientes de la quebrada del Agua Negra han sido afectadas por acción glaciaria durante el Cuaternario y, en la parte media a superior de la misma, actualmente se encuentran sometidas a condiciones propias de un ambiente criogénico. Debe destacarse que también

son afectadas por procesos aluvio-coluviales. A lo largo de los laterales de la artesa del Agua Negra y de las artesas tributarias, las pendientes son muy empinadas y, hacia las divisorias, se reconoce un quiebre de pendiente. En general, al tener ángulos elevados, los laterales de las artesas están constituidos por afloramientos rocosos y al pie de las pendientes se acumulan espesos depósitos de conos de talud y



Figura 28. Cortes artificiales de otros abanicos aluviales. Al igual que el caso anterior la pendiente generada es inestable.

otros debidos a otros procesos gravitacionales. En este sector es muy común también la presencia de segmentos verticales en las pendientes (con afloramientos rocosos).

A lo largo de este tramo, a pesar de que afloran todas las litologías, con diferentes características estructurales, la acción glaciaria domina en la configuración de las pendientes, quedando relegadas las características litológico-estructurales. Entre Ojos de Agua y la confluencia con la quebrada de San Lorenzo este hecho se evidencia muy claramente, ya que se atraviesan casi todas las litologías, de este a oeste, las sedimentitas paleozoicas, los granitos, las andesitas del Grupo Choiyoi y las zonas de alteración hidrotermal. Pese a esta variabilidad litológica, los laterales de la artesa del Agua Negra muestran características similares.

Hacia las nacientes de la quebrada, las pendientes aledañas a la zona del actual Paso del Agua Negra, labradas en volcanitas muy alteradas y sometidas a la acción glaciaria y criogénica son más redondeadas, suaves y están cubiertas por material detrítico movilizado por gelifluxión, reptaje, caídas de rocas y flujos de detritos. Estas pendientes presentan una morfología suave y redondeada, aunque en ciertos casos se reconocen surcos generados por flujos de detritos. La elevada pendiente, la aridez del clima, la intensa deformación que afecta a estas rocas, y las condiciones criogénicas controlan los

procesos dominantes en estas pendientes, entre ellos se destacan las caídas de rocas, reptaje, gelifluxión y flujos de detritos.

Las pendientes desarrolladas en el tramo inferior de la quebrada, desde la zona de Bordo Atravesado hasta su desembocadura han sido afectadas tanto por procesos de remoción en masa como por la acción fluvial. En este tramo de la quebrada la litología dominante consiste en las sedimentitas de la Formación Cerro Agua Negra. Dependiendo de la estructura y la litología dominante se reconocen cambios en la configuración de las pendientes. En el tramo norte de la cordillera del Agua Negra, en la zona del cerro El Bronce, donde afloran mayormente pelitas, las pendientes son redondeadas y presentan una abundante cobertura detrítica. Por su parte, las pendientes labradas sobre areniscas son más abruptas y al pie se generan acumulaciones de conos de detritos ó taludes. Según la estructura dominante se observan variaciones en la morfología de las pendientes. En el tramo inferior de la quebrada, donde las sedimentitas se disponen de manera subhorizontal las pendientes son más redondeadas; mientras que aguas arriba, al aumentar la inclinación de los bancos las pendientes se tornan más abruptas.

Una gran cantidad de factores favorecen el gran desarrollo de los procesos de remoción en masa en la zona. En primer lugar, pueden señalarse las características litológico-estructurales, tal como

la presencia de rocas volcánicas y sedimentarias, muy deformadas y afectadas por intensos procesos tectónicos, además de la existencia de grandes zonas de alteración hidrotermal. Esto último disminuye la resistencia de las rocas, como por ejemplo en las zonas de alteración argílica que se tornan muy deleznales.

Por su parte, el clima frío y seco, favorece la meteorización física de las rocas generando una gran cantidad de material potencialmente movilizable, ya sea como flujos, reptaje o caídas de rocas. La escasez de vegetación, consecuencia del clima reinante, también favorece el desarrollo de estos procesos.

La acción glaciaria y criogénica a la que estuvo y está sometida la zona, además de generar alta cantidad de detritos, resultó en pendientes muy abruptas y en un alto relieve relativo. A esto se suma que al retirarse los hielos las pendientes son liberadas del soporte lateral que ejercía la masa del glaciar, resultando en una mayor inestabilidad. La abundancia de agua de fusión, proveniente de nieve, hielo o permafrost es posiblemente el factor más importante en el desarrollo de los flujos de detritos ubicados en los tramos medio y superior de la quebrada. Los flujos desarrollados en el tramo inferior de la quebrada posiblemente son generados por las lluvias torrenciales estivales.

Finalmente, debe considerarse, además, a la actividad sísmica como un importante factor disparador. Los sismos pueden disparar todos los tipos de movimientos de remoción en masa, siendo más frecuentes las caídas de rocas, que se generan con sismos de $M=4$. La magnitud mínima para disparar deslizamientos y flujos rápidos debe ser superior a 4,5. A pesar de que no se cuenta con datos de magnitud sísmica, sino de intensidad máxima probable, el valor de 7-8 sugiere que la magnitud de los sismos debe ser alta. Es probable que los deslizamientos ubicados aguas arriba de la quebrada hayan sido disparados por sismos. Los mismos se encuentran en zonas de debilidad como zonas de falla y de alteración hidrotermal e involucran un alto volumen de material.

En un corte esquemático es posible reconocer cinco tramos en un perfil longitudinal de la pendiente. Estos se corresponden a diferencias en la génesis, en las características geológico-estructurales pre-existentes y a la actividad geomorfológica actual. A su vez se plasman en diferencias en la cobertura y en la mayor o menor susceptibilidad a experimentar procesos gravitacionales y erosivos. En consecuencia, desde la parte superior a la inferior se observan:

- Un tramo superior horizontal (I) correspondiente al antiguo nivel de erosión glaciaria, esencialmente rocoso y dominado por procesos criogénicos.
- Un segundo tramo (II) casi vertical, correspondiente a la escarpa rocosa debida a aspectos litológico-estructurales y a fenómenos de *plucking* glaciario.
- Un tercer tramo (III) con pendientes superiores al 40% debido esencialmente a la remoción en masa (taludes detríticos y rocosos), con sedimentos coluviales heterogéneos.
- Un cuarto sector, (IV) inferior, con inclinaciones inferiores al 30% debido a la combinación de procesos gravitacionales y fluviales (conos mixtos y abanicos aluviales), con sedimentos aluvio-coluviales y suelos de bajo.
- Un quinto sector, (V) subhorizontal, vinculado principalmente a la acción fluvial (terrazas y planicies aluviales) con suelos comparativamente más desarrollados y cobertura vegetal presente.

El tramo II y el tramo III son los que presentan una activa morfogénesis y en consecuencia una mayor inestabilidad. En los otros dos, si bien con limitaciones, las características de estos son compatibles con una acción antrópica de baja densidad. La mayor parte del trazado de la ruta se ha realizado sobre los sectores II, III y IV.

En función de las características de los potenciales peligros y la configuración de las pendientes (teniendo en cuenta tanto las litologías de los diferentes tramos diferenciados como sus inclinaciones y los procesos geomorfológicos involucrados) se ha realizado una zonificación de la peligrosidad diferenciando tres sectores:

- 1) Peligrosidad alta: escarpa rocosa y taludes coluviales y de caídas de roca (laterales de valles glaciarios) y cañadones, con pendientes mayores de 40%, ausencia de suelos y vegetación y actividad criogénica actual. Asimismo, se incluyen los principales abanicos aluviales, dada la alta probabilidad de ocurrencia de flujos densos.
- 2) Peligrosidad media: pendientes aluvio-coluviales de menores inclinaciones, especialmente en la zona inferior de la quebrada del Agua Negra y zonas planas de altura.
- 3) Peligrosidad moderada a baja: rocas aborregadas, con desarrollo de suelos y cobertura vegetal. Coincide con el ambiente de terrazas fluviales y la zona pedemontana.

Inundaciones y erosión hídrica

Las inundaciones en ambientes fluviales, o sea el desborde de cursos que abandonan el cauce y ocupan las planicies aluviales, son fenómenos naturales que implican un impacto sobre los hombres cuando éstos ocupan o utilizan geoformas aledañas a los cursos fluviales. Son fenómenos de naturaleza compleja, en la cual se combinan aspectos geológicos, climáticos y antrópicos. Se ha analizado el grado de susceptibilidad a las inundaciones y anegamientos que presenta la zona sobre la base de los mapas e información generada en aspectos geomorfológicos, de pendientes, de suelos, de vegetación y de red de drenaje, considerándose además información climática. Debido a las características hidrológicas, propias de este tipo de ambientes (de alta montaña), las inundaciones poseen los rasgos propios de *flash-floods*, o sea inundaciones relámpago, en las cuales los picos llegan muy rápido (muy próximos a la ocurrencia de las precipitaciones).

El arroyo del Agua Negra muestra un régimen marcadamente estacional, con un aumento significativo del caudal en los meses posteriores al deshielo, especialmente si se ha tratado de un año de intensas nevadas. Sin embargo, otra característica es la falta de regularidad y las fuertes variaciones interanuales que suelen tener lugar. En general, la planicie aluvial de este curso no presenta un ancho considerable, salvo en la zona cercana a la desembocadura de la quebrada de San Lorenzo (ubicada aguas abajo). Por lo tanto, la peligrosidad por inundaciones si bien considerable está restringida espacialmente. Sin embargo, las obras realizadas en la ruta, en particular los tres cruces, además de probablemente innecesarios, no parecen estar debidamente dimensionados, por lo que las alcantarillas y canalizaciones aguas abajo no sería suficientes para evacuar caudales extraordinarios de forma adecuada, por lo que se producirían endicamientos y desbordes que pueden llegar a afectar el trazado de la propia ruta nacional. La peligrosidad por inundaciones es muy alta en los pequeños abanicos aluviales que se forman en la desembocadura de los cañadones. En estos casos la ruta nacional se ubica directamente en zonas de potenciales desbordes de los cursos fluviales. En estos cañadones, tal como se dijera, al peligro por inundaciones se suma la ocurrencia de flujos densos.

La acción erosiva hídrica es importante en todo el sector medio-bajo de los faldeos. Numerosos cursos de dimensiones variables disectan los faldeos generando problemas de erosión, lo cuales pueden afectar numerosos sectores del trazado de la

ruta nacional. Estos cursos menores, generalmente efímeros, pueden estar alimentados directamente por precipitaciones como por descongelamientos vinculados a la presencia de permafrost estacional y condiciones criogénicas. A modo de conclusión parcial, si bien la erosión hídrica es un proceso activo y generalizado en todos los faldeos, su peligrosidad puede considerarse media. De todas formas, debe tenerse en cuenta que los cañadones son vías preferenciales para la ocurrencia de flujos densos (*debris flows*), avalanchas de rocas y el encausamiento de los bloques de las caídas de roca.

Peligrosidad sísmica

Un aspecto importante a tener en cuenta en la estabilidad de las pendientes es la sismicidad, factor natural que es poco considerado en la región, si bien existen políticas nacionales y provinciales al respecto en lo que se refiere a las características constructivas de la obra pública y privada. Un terremoto es la liberación repentina de energía acumulada en un sector de la corteza terrestre. Los movimientos naturales de la Tierra se producen por el desplazamiento de las ondas sísmicas en superficie con su lógico impacto sobre las obras de infraestructura y viviendas. Asimismo, son responsables de generar movimientos en las fallas.

La zona estudiada se encuentra comprendida dentro de una zona de arco resultante de la interacción de las placas Sudamericana y del Pacífico, en la cual esta última subducta por debajo de la primera. Constituye por lo tanto un margen activo. Consecuentemente, la región se caracteriza por tener una elevada sismicidad y volcanismo activo. Tal característica es compartida por la todo el sector cordillerano de Argentina, si bien es posible observar diferencias de magnitudes tanto en lo referente a los terremotos como al volcanismo. Esta heterogeneidad se debe a la combinación de una serie de factores tectónicos entre los cuales se encuentran la variabilidad de las placas (litológicas, térmicas, cronológicas), la velocidad de convergencia, las variaciones en los ángulos de incidencia, las características de las rocas aflorantes. Los Andes Centrales presentan la mayor sismicidad del territorio argentino ya que corresponde a la faja de subducción subhorizontal.

Existen diferentes formas de evaluar los terremotos. Por un lado, la denominada Escala de Richter, mide la magnitud de los sismos, en función de la energía liberada y propagada como ondas sísmicas. Por ejemplo, el terremoto de Valdivia (Chile) de 1960, el más grande determinado hasta el presente,

fue casi de 9. Por otro lado, la Escala de Mercalli mide la intensidad de los sismos en función de sus efectos destructores. Tiene doce clases (I-XII) y es una clasificación más subjetiva, pero fácilmente utilizable. La región considerada se encuentra localizada dentro de la Zona 3 correspondiente a un riesgo sísmico elevado (Fig. 29), según la zonificación de Argentina realizada por el INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica). Esta asignación es realizada en función de la ponderación de una serie de indicadores y variables entre las que destacan la

recurrencia histórica de sismos, sus intensidades, la probabilidad de ocurrencia de sismos de magnitud alta, la localización geológico-estructural, la presencia de fallas activas y actividad neotectónica. Es necesario aclarar que esta zonificación fue realizada a una escala de poco detalle, por lo que es de esperar que la región abarcada en el presente estudio no tenga un comportamiento homogéneo. Si bien no se han realizado estudios de detalle es posible que se encuentren algunas evidencias de fallas activas dentro de la zona abarcada por el presente estudio.

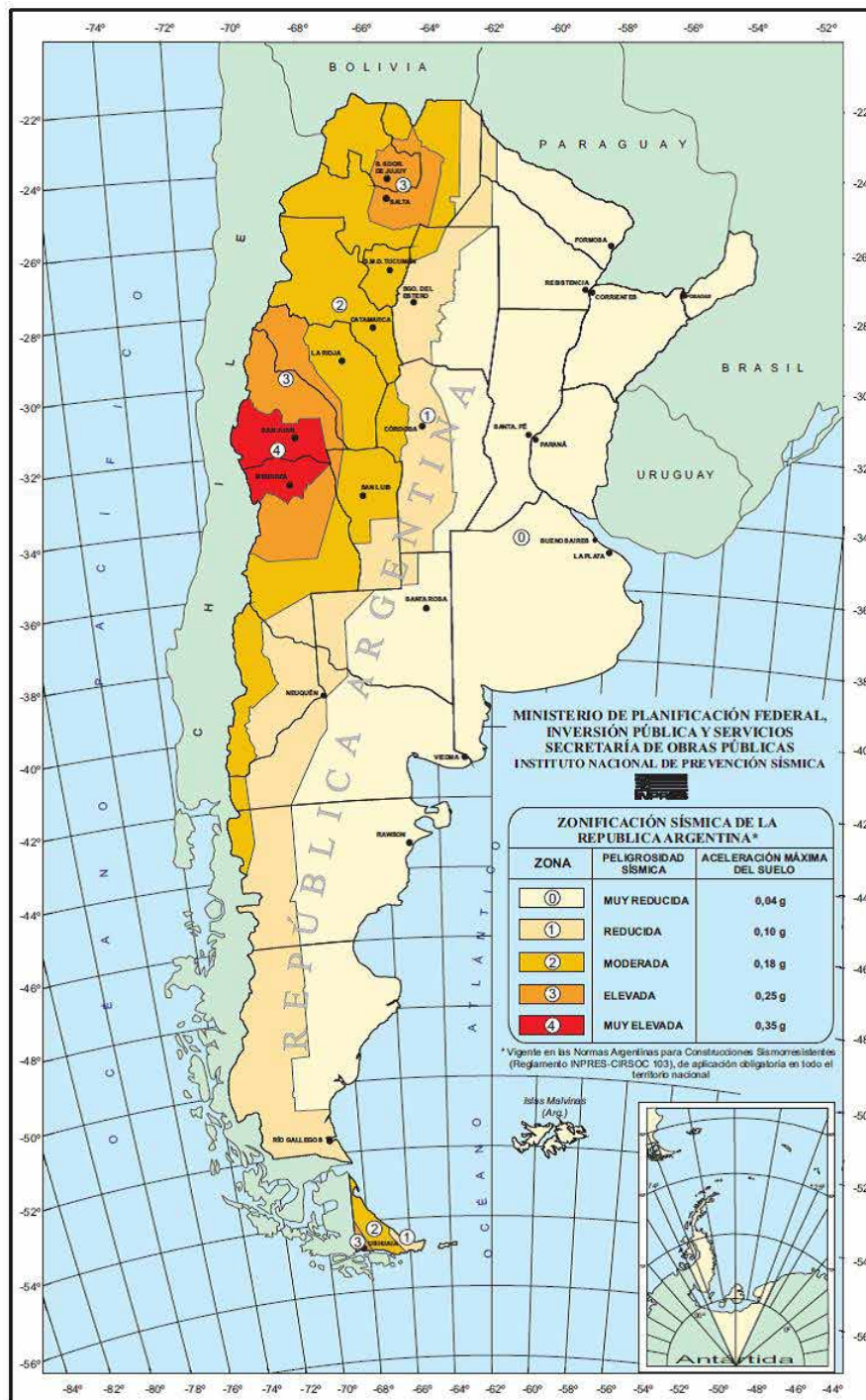


Figura 29. Zonificación sísmica de Argentina (fuente INPRES).

A partir del análisis de sismos históricos procedentes de diversas fuentes puede observarse que la zona muestra una elevada sismicidad, con numerosos sismos superiores a 5 (en escala de Richter) y frecuentes del orden 6. Asimismo, hay registrado un sismo en la zona cordillerana en la Región de Coquimbo que habría llegado a 8, en la década del '20. Consecuentemente, puede señalarse que la peligrosidad sísmica en la zona del estudio es alta.

En líneas generales los efectos de los sismos en la región pueden ser directos o indirectos. Comparativamente es posible que el impacto mayor tenga lugar en forma indirecta, ya que los sismos suelen actuar como disparadores de los fenómenos de remoción en masa, los cuales, sí pueden ser catastróficos. Esto sería así, ya que la mayor parte de los sismos que se pueden percibir en esta zona de San Juan, alcanzan magnitudes de 4 a 5, los que si bien, no suelen generar por sí mismos grandes daños, suelen ser eficientes disparadores de procesos gravitacionales. Aún sin ocasionar necesariamente grandes movimientos gravitacionales, los sismos actúan como factor importante de inestabilidad de taludes y pendientes y, por consiguiente, para la zona considerada, debe tenerse en cuenta en la planificación y realización de cualquier tipo de emprendimiento. Debe señalarse que, en función de la información suministrada, en relación a la obra del túnel en sí, no se ha encontrado que se hayan hecho estudios detallados sobre la sismicidad de la zona específica, lo cual plantea una obvia preocupación.

Mitigación: análisis de alternativas

El riesgo es resultado de la combinación de cuatro aspectos: peligrosidad o amenaza, vulnerabilidad, exposición y localización. La vulnerabilidad hace referencia a la mayor o menor preparación de las comunidades humanas para afrontar los efectos de los fenómenos naturales, mientras que la exposición se refiere a la ubicación directa de las mismas en relación a los fenómenos considerados potencialmente peligrosos. Finalmente, la localización se refiere a la ubicación de éstos últimos. Por lo tanto, la actuación de las comunidades frente a las amenazas puede (y debe) reconocer esta naturaleza compleja de los riesgos. No solo se puede actuar reduciendo (o intentando reducir) la amenaza, sino que es posible tomar medidas y acciones que tiendan a reducir la vulnerabilidad o lo que podría ser más efectivo, reduciendo la exposición. Estas acciones y políticas tendientes a ejecutarlas podrían implicar un cambio de paradigma en el abordaje de la problemática.

Una catástrofe ocurre cuando un riesgo geológico tiene lugar en condiciones de no-prevención y, en muchos casos de no predicción. A veces, tiene lugar cuando no se han ejecutado las medidas estructurales y no estructurales necesarias. Los aspectos a considerar son:

- Severidad.
- Extensión.
- Duración del evento.
- Área afectada.
- Procesos asociados.
- Si son Repentinos o no.
- Pérdidas (vidas, económicas y consideración del efecto social debido a la persistencia en el tiempo del efecto).

La mitigación es la disminución de los impactos negativos de los peligros naturales que puedan tener lugar. Para cada factor de riesgo existente pueden encararse medidas específicas, las cuales pueden agrupadas en dos grandes conjuntos:

1. Medidas estructurales.
2. Medidas no estructurales.

Dentro del primero se incluyen las obras de ingeniería, entre otras canales, entubamientos, protección de pendientes, diques, murallones, embalses, construcciones sismo-resistentes y reforestación. Estas, según lo dicho previamente, tienden a disminuir las amenazas o a reducir la vulnerabilidad. Dentro de las medidas no estructurales, consistentes en acciones sociales, políticas y económicas, las mismas incluyen mapeo, zonificación, monitoreo, ordenamiento territorial, uso de la tierra, política impositiva y de inversión productiva y finalmente, defensa civil. Estas últimas, por su parte tienden a reducir la exposición. Usualmente, las medidas no-estructurales suelen ser soslayadas, haciendo demasiado énfasis en las medidas de tipo estructural, las cuales no necesariamente son más efectivas y suelen ser mucho más costosas. Uno de los objetivos del presente estudio y de la cartografía temática generada es constituir una herramienta de utilidad en la instrumentación especialmente del segundo grupo de medidas, o sea las de tipo no-estructural.

En buena medida la mitigación depende de la predicción, o sea de la definición en el espacio y en el tiempo de un riesgo geológico, incluyendo la magnitud del evento potencial. La predicción en el tiempo implica el establecimiento del denominado Período de Recurrencia. Es el tiempo en el que se puede producir un fenómeno riesgoso de una magnitud dada. Se calcula a partir del análisis estadístico de eventos anteriores.

La evaluación de la peligrosidad es un trabajo interdisciplinario y participativo y debe ser accesible a la comunidad. Los aspectos a considerar incluyen la determinación del lugar donde han ocurrido fenómenos riesgosos en el pasado y su frecuencia y la evaluación de la severidad y magnitudes de los eventos ocurridos. Finalmente, es necesario volcar la información de forma tal de que esté disponible para planificadores e instancias de gestión. En una segunda etapa, a los efectos de determinar el riesgo, debe asimismo considerarse la localización de población y construcciones; los usos de la tierra, determinar los potenciales impactos en función de la exposición y finalmente determinar la vulnerabilidad de la comunidad.

En relación a las estrategias para afrontar fenómenos de remoción en masa, el riesgo debido a los mismos es resultado de la sumatoria de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos (P), los elementos de riesgo presentes (E) (población, obras, etc.) que potencialmente pueden estar expuestas y la vulnerabilidad (V), que depende del fenómeno en sí y de la exposición.

Las acciones que pueden realizarse son:

1. Elusión (reducir-eliminar E).
2. Estabilización de las pendientes (reducir P).
3. Mitigación de los efectos (reducir V).
4. Tolerancia o adaptación.
5. Monitoreo y alerta temprana.

Una vez producida la ocupación, el proceso se ha vuelto prácticamente irreversible, por lo que queda como posibles acciones realizar obras que tiendan a minimizar los impactos en vez de lo aconsejable que hubiera sido evitarlos. Eludir los potenciales riesgos, como medida de acción frente a los fenómenos naturales siempre presenta grandes ventajas, en primer lugar, porque significa un ahorro considerable de recursos. En términos generales, no es posible predecir exactamente la fecha de una caída, flujo denso o deslizamiento. Puede desatarse sin movimiento previo de la tierra por acción de los denominados factores disparadores como:

- el aumento de la presión hidrostática en fisuras y/o poros, debido a lluvias fuertes, deshielo u otras infiltraciones,
- sismos, vibraciones,
- sobrecargas en la corona de la ladera,
- desestabilización causada por la extracción de material en el pie de la ladera.

Dado, que tal como se dijera, la posibilidad de predicción temporal de los procesos de remoción

en masa es prácticamente imposible, las acciones deben ir encaminadas a la predicción espacial, estableciendo áreas de mayor o menor posibilidad de ocurrencia. En general, las medidas estructurales de mitigación de fenómenos de remoción en masa incluyen:

1. Defensas activas, tendientes a prevenir el desprendimiento de los materiales o la creación de situaciones de desestabilización y
2. Defensas pasivas, tendientes a disminuir los efectos o daños resultantes de los procesos de remoción en masa.

Dentro de las primeras se encuentran los anclajes, refuerzos superficiales e inyección de adhesivos en fisuras. Entre las segundas destacan las barreras flexibles, las redes y mallas metálicas de protección, terraplenes de suelos y rocas y la construcción de muros de hormigón o de gaviones.

En el cuadro 10 se sintetizan los principales métodos estructurales.

Del estudio de la bibliografía disponible, se desprende que las barreras flexibles, redes y mallas son efectivas para detener la caída de bloques de dimensiones considerablemente inferiores a los detectados en las zonas estudiadas (menos de 1 m de diámetro, e incluso según la fuente, menos de 60 cm de diámetro). Los anclajes, si bien pueden ser efectivos su realización de por sí presupone afectaciones considerables en las pendientes, las que de por sí pueden actuar como factores significativos de inestabilización. Lo mismo puede decirse de la construcción de muros de defensa, los que además interfieren fuertemente con el drenaje natural de las pendientes, generando nuevos problemas. Además, cuando se trata de pendientes extensas no existe posibilidad material y económica de realizar el anclaje de todos los afloramientos potencialmente peligrosos.

Por su parte los muros de contención no pueden ser construidos a media pendiente ya que serían claramente inestables y se romperían rápidamente por la acción del reptaje, y si fueran colocados más abajo correrían el riesgo de que los grandes bloques que bajan rodando y saltando, pueden superar desniveles de varios metros por lo que serían no efectivos. En todos los casos se trata de acciones de dudosa o nula efectividad que implican grandes inversiones. Además, la realización de estas acciones presupone la operación de máquinas, apertura de accesos, deforestación, etc. todas acciones de por sí fuertemente desestabilizantes.

MÉTODOS	SUBTIPOS	ACCIONES PRINCIPALES
Modificación de la geometría (<i>reggrading</i>)		Recorte en cabecera Rebaja del talud Escalonamiento Recarga al pie
Drenaje de la pendiente	Superficial Interno	Drenes, canales, pozos drenantes
Protección de la superficie		Sellado de grietas Cobertura geosintética Otras coberturas Cementación
Obras de contención y medidas de defensa	Rígida Semiflexible Flexible	Muros de hormigón Elementos de anclaje Pilotes Muros de gaviones
Refuerzos estructurales (mejoras en la resistencia del terreno)		Anclajes Cosido o claveteado Inyecciones Tratamientos térmicos
Revegetación y bioingeniería		Hidrosiembras Defensas orgánicas Reforestación
Otras		Combinación de las anteriores

Cuadro 10. Métodos utilizados en la mitigación-prevención para fenómenos de remoción en masa.

10. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LAS PRINCIPALES OBRAS DE DRENAJE Y FACTORES DE PELIGROSIDAD GEOLÓGICA IDENTIFICADOS

En este apartado se tratan algunos de los aspectos constructivos de las tres principales obras de drenaje transversales de la ruta en los puntos donde su trazado cruza al principal curso de agua de la zona de estudio, el arroyo del Agua Negra, y su relación con los factores de peligrosidad geológica identificados en sus ubicaciones. Con ello, se proponen en cada caso una serie de recomendaciones en función de la caracterización del riesgo geológico identificado y

en función de las eficacias, estados estructurales y de mantenimiento de las obras implementadas.

Obras de Drenaje Transversal próximas a “Paraje Bordo Atravesado” (30°22’30,9”S- 69°38’29,7”O, 3.235 y 3.358 m s. n. m.)

En su conjunto, esta obra consta de acopios en relleno, una alcantarilla de paso y dos muros de escolleras de encauzamiento de tipología vertida y dispuestos de forma continua en ambas márgenes del arroyo del Agua Negra (Fig. 30). El curso del arroyo no presenta ninguna desviación con respecto a su curso natural. Las principales características constructivas de la alcantarilla de paso son las siguientes:



Figura 30. Obra de drenaje transversal próxima a “Paraje Bordo Atravesado”.

- Tipología: alcantarilla metálica y flexible.
- Material: chapa acanalada de acero galvanizado.
- Diámetro aprox.: 2,00 m.
- Espesor aprox. del relleno superior: 2,00 m.
- Estado estructural: bueno.
- Estado de mantenimiento: bueno.

El riesgo geológico identificado es valorado como bajo y su caracterización se debe a potenciales arrastres de rocas de diámetros decimétricos encauzadas por el curso de agua. En función de lo descrito, se recomienda lo siguiente:

- Monitoreo y mantenimiento de la obra y del tramo de calzada afectado.
- Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas que puedan provocar arrastres importantes de material por el cauce del arroyo.



En otro sector, aguas arriba, se encuentra la Obra de Drenaje Transversal “Paraje Bordo Atravesado”. En su conjunto, esta obra consta de acopios en relleno, dos alcantarillas de paso y cuatro muros de escolleras de encauzamiento de tipología vertida y dispuestos de forma puntual en ambos márgenes del arroyo del Agua Negra (Fig. 31). El curso del arroyo no presenta ninguna desviación con respecto a su curso natural. Las principales características constructivas de las dos alcantarillas de paso son las siguientes:

- Tipología: alcantarilla metálica y flexible.
- Material: chapa acanalada de acero galvanizado.
- Diámetro aprox.: 3,00 m.
- Espesor aprox. del relleno superior: 2,00 m.
- Estado estructural: bueno.
- Estado de mantenimiento: bueno.



Figura 31. Obra de drenaje transversal “Paraje Bordo Atravesado”.

El riesgo geológico identificado es valorado como bajo y su caracterización se debe a potenciales arrastres de rocas de diámetros decimétricos encauzadas por el curso de agua. En función de lo descrito, se recomienda lo siguiente:

- Monitoreo y mantenimiento de la obra y del tramo de calzada afectado.
- Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas que puedan provocar arrastres importantes de material por el cauce del arroyo.

Obra de Drenaje Transversal “Paraje La Estrechura”

(30°21'46,1”S 69°40'30,6”O, 3.485 m s. n. m.)

En su conjunto, esta obra consta de acopios en relleno, dos alcantarillas de paso y seis muros de gaviones de encauzamiento de tipología escalonada (4 módulos) y dispuestos de forma continua en las entradas y salidas de las alcantarillas en ambos márgenes del arroyo del Agua Negra (Fig. 32). El

curso del arroyo no presenta ninguna desviación con respecto a su curso natural. Las principales características constructivas de las dos alcantarillas de paso son las siguientes:

- Tipología: alcantarilla en bóveda de hormigón armado.
- Material: hormigón armado y chapa acanalada de acero galvanizado.
- Diámetro aprox.: 4,00 m.
- Espesor aprox. del relleno superior: 1,00 m (hormigón armado de estructura).
- Estado estructural: bueno.
- Estado de mantenimiento: bueno.

El riesgo geológico identificado es valorado como alto y su caracterización se debe a un potencial endicamiento del arroyo del Agua Negra por desprendimiento y caída de grandes bloques de diámetros métricos desde el talud rocoso adyacente hacia el cauce. De forma sinérgica, los potenciales materiales arrastrados por el cauce



Figura 32. Obra de drenaje transversal "Paraje La Estrechura".

(principalmente de diámetros decimétricos) podrían llegar a contribuir en la obstrucción de la alcantarilla inferior. En función de lo descrito, se recomienda lo siguiente:

- Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención sobre el talud rocoso adyacente al cauce.
- Monitoreo y mantenimiento de obras y del tramo de calzada afectado.
- Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas que puedan provocar arrastres importantes de material por el cauce del arroyo.

Obra de Drenaje Transversal "Paraje Ojos de Agua" (30°21'24,8"S, 69°41'23,5"O, 3.596-3.619 m s. n. m.)

En su conjunto, esta obra consta de acopios en relleno, dos alcantarillas de paso, tres muros de escolleras de encauzamiento de tipología vertida y dispuestos de forma puntual en ambas márgenes del arroyo del Agua Negra y ocho muros de gaviones de encauzamiento de tipología escalonada (hasta 3 módulos) y dispuestos de forma puntual en las entradas y salidas de las alcantarillas en ambas márgenes del arroyo del Agua Negra (Fig. 33). El curso del arroyo presenta desviación con respecto a su curso natural. Las principales características constructivas de las dos alcantarillas de paso son las siguientes:



Figura 33. Obra de drenaje transversal "Paraje Ojos de Agua".

- Tipología: alcantarilla en bóveda de hormigón armado.
- Material: hormigón armado y chapa acanalada de acero galvanizado.
- Diámetro aprox.: 2,00 m.
- Espesor aprox. del relleno superior: de 2,00 m a 6,00 m, además del hormigón armado de estructura.
- Estado estructural: bueno.
- Estado de mantenimiento: bueno.
- Potencial endicamiento del arroyo del Agua Negra por obstrucción de alcantarillas debido a potenciales arrastres de grandes bloques de diámetros métricos encauzados por el curso de agua (evidenciados sobre el terreno).
- Potencial colapso general de la obra por socavación ante episodios de precipitaciones intensas o torrenciales y/o deshielos bruscos que puedan revertir el curso del arroyo a su curso natural. En función de lo descrito, se recomienda lo siguiente:
- Evaluación de necesidad del rediseño general de la obra, con énfasis en el respeto del curso natural del arroyo en la medida de lo posible.

El riesgo geológico identificado es valorado como muy alto y su caracterización se debe a:

- Evaluación de necesidad del redimensionado de alcantarillas en cuanto a su diámetro. El diámetro mínimo necesario será aquel que permita el paso de importantes flujos de agua con material de arrastre de grandes dimensiones (bloques de diámetros métricos) ante episodios de precipitaciones intensas o torrenciales y/o deshielos bruscos.
- Monitoreo y mantenimiento de obras y del tramo de calzada afectado.
- Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas o torrenciales y/o deshielos bruscos que puedan provocar arrastres importantes de material por el cauce del arroyo.

11-CONCLUSIONES

Se ha estudiado la peligrosidad geológica natural e inducida en un tramo de la ruta nacional 150, correspondiente al Paso de Agua Negra, correspondiente al sector argentino del mismo. El presente estudio será complementado por otro análogo en ejecución para el sector chileno del Paso.

La zona estudiada muestra una gran variabilidad geológica y geomorfológica, así como condiciones climáticas típicas de zonas de alta montaña, lo que ha resultado en una elevada peligrosidad geológica para la mayor parte del área considerada.

Las unidades geológicas aflorantes son la Formación Agua Negra y los grupos Choiyoi y Olivares, a los que se suman cuerpos intrusivos paleozoicos-triásicos y depósitos cuaternarios variados, entre los que destacan los materiales aluvio-coluviales, glaciarios y glaciogénicos, generalmente gruesos y heterogéneos.

Dominan las geoformas glaciogénicas, glaciarias, coluviales y generadas por remoción en masa. Asimismo, se observan abanicos aluviales, terrazas y planicies aluviales, especialmente en el caso del arroyo del Agua Negra y San Lorenzo. Se han analizado las características geotécnicas de los materiales aflorantes, clasificándolos según sus aspectos más relevantes y en relación a la estabilidad de los taludes.

Los principales factores de peligrosidad detectados en la zona son aquellos vinculados a la remoción en masa: caídas de rocas, flujos densos y deslizamientos. Estos se encuentran favorecidos por las altas pendientes, la elevada proporción de materiales gruesos inconsolidados, la presencia de numerosos planos de debilidad estructural (como diaclasas y fracturas) en los afloramientos rocosos y la existencia de factores disparadores como los climáticos o sísmicos a los que debe sumarse la acción antrópica creciente. Por lo tanto, la mayor parte de los taludes de la zona estudiada presentan una peligrosidad geológica de alta a muy alta. Asimismo, en los abanicos aluviales procedentes de las principales quebradas tributarias la peligrosidad fluvial y por remoción en masa también es muy elevada. La sismicidad regional es alta. Los resultados obtenidos fueron volcados en el Mapa de Peligrosidad Geológica (acompañado en el Anexo I por el Modelo de Elevación de la zona y los mapas de Base Topográfica, Pendientes, Geológico y Geomorfológico) y en las fichas de Caracterización de Taludes (Anexo II).

Consecuentemente, puede establecerse que la traza de la ruta es susceptible de experimentar frecuentes episodios de remoción en masa que eventualmente podrán cortarla o destruirla localmente.

En el Informe se han señalado los sitios potencialmente más conflictivos, entre los que destacan los abanicos aluviales y los conos de caídas de roca. Las posibilidades de estabilización de las pendientes son muy limitadas dado el escaso espacio disponible entre la ruta y los taludes y el sobredimensionamiento de la misma. Otro aspecto negativo han sido los numerosos cruces nuevos que se han realizado sobre el arroyo, los que han merecido especial atención en este estudio.

En el futuro, se recomienda que este tipo de estudios sea realizado en forma previa a la construcción o ampliación de rutas y caminos, de forma tal que pueda utilizarse en el diseño y ejecución de las obras, minimizando los posibles impactos, evitando las zonas más conflictivas y dimensionando adecuadamente las obras a realizar.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Achen, H. 1948. El yacimiento de wolfram San Rafael, Cerro El Bronce, quebrada de Arrequeintín. Dpto. de Iglesia, prov. de San Juan. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. 65 pp.
- Angelelli, V. 1950. Recursos minerales de la República Argentina. Tomo I. Yacimientos Metalíferos. Revista del Instituto Nacional de Investigación Ciencias Naturales, Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia", 2, 235 pp. Buenos Aires.
- Angelelli, V. 1984. Yacimientos Metalíferos de la República Argentina. Volúmenes I-II. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, 704 pp. La Plata.
- Aparicio, E.P. 1969. Contribución al conocimiento de la edad de los sedimentos del arroyo Agua Negra, departamento Iglesia, San Juan, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 24(4):351-356. Buenos Aires.
- Aparicio, E.P. 1975. Mapa geológico de San Juan. Revista del Instituto de Investigaciones Geológicas, Universidad Nacional de Cuyo, 39 pp. San Juan.
- Baldis, B.A., Martínez, R., Villegas, C.R., Pereyra, M.E., Pérez, A.M. 1990. Estructura, provincialismo geológico y unidades tectonoestratigráficas. XI Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 212-227. San Juan.
- Ballantyne, C.K. 2002. Paraglacial geomorphology. *Quaternary Sciences Reviews* 21: 1935-2017.
- Barsch, D. 1996. Rock glaciers. Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments. Springer, Berlin: 331 pp.
- Bassi, V.I. 1988. Hypothesis concerning a regmagenic network controlling metallogenic and other geologic events in South American Austral cone. *Geol. Run.* 72 (2).
- Bastías, H. 1991. Complejo volcánico Olivares: un gran evento magmático mio-plioceno en los Andes a 30° de latitud Sur. 6° Congreso Geológico Chileno, Actas 1:520-524. Viña del Mar.
- Belvideri, I., Treo, C., Rossa, N. 1998. Aspectos petrológicos del Pórfido de Agua Negra. Cordillera Frontal, San Juan, Argentina. X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica. Actas II: 365-370. Buenos Aires.
- Beniawski, Z. 1989. Engineering rock mass classification. John Wiley & Sons, London.
- Bryan, K. 1946. Cryopedology. The study of frozen ground and intensive frost-action with suggestions of nomenclature. *American Journal of Sciences*, 244: 622-642.
- Caminos, R. 1979. Cordillera Frontal. En Turner J. C. M. (Ed.): 2° Simposio de Geología Regional, 1: 397-453. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.
- Cardó, R., Díaz, I.N.; Cegarra, M.; Heredia, N.; Rodríguez Fernández, R.; Santamaría, G. 2005. Hoja Geológica 3169-I, Rodeo. Provincia de San Juan. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 272, 47 p. Buenos Aires.
- Caviedes C.N., Paskoff, R. 1975. Quaternary glaciations in the Andes of north-central Chile. *Journal of Glaciology* 14 (70): 155-170.
- Charchaflié, D. 1994. Geología del tramo medio y superior de la Quebrada de Chita, provincia de San Juan. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Inédito.
- Clapperton, C. 1993. Quaternary Geology and Geomorphology of South America. Elsevier, 779pp.
- Colqui, B.S. 1968. Aspectos glaciológicos de la quebrada del Agua Negra, San Juan. Terceras Jornadas Geológicas Argentinas. Actas: 79-84. Comodoro Rivadavia.
- Corte, A.E. 1969. Geocryology and Engineering: Geological Society of America. *Reviews in Engineering Geology*. Varnes and Kiersch (Eds.), 2: 119-185.
- Corte, A.E. 1983. Geocriología. El frío en la tierra. Ediciones Culturales de Mendoza: 398 pp.
- Costas, M. 1964. Nota preliminar acerca de observaciones en la Quebrada de Agua Negra y del hallazgo de fósiles marinos de Carbónico. Instituto Nacional de Geología y Minería, 35 pp.
- Costas, M. 1967. Estudio en detalle del perfil de las vulcanitas de Agua Negra, provincia de San Juan. Instituto Nacional de Geología y Minería, 75 pp.
- Croce, F.A., Milana, J.P. 2002a. Estudio de la capa activa del permafrost y la hidrología del glaciar de rocas El Paso, Agua Negra, San Juan. XV Congreso Geológico Argentino, Actas. El Calafate.
- Croce, F.A., Milana, J.P. 2002b. Desarrollo de sistemas geocriogénicos en la zona del Paso de Agua Negra y su importancia en geología aplicada. XV Congreso Geológico Argentino, Actas. El Calafate.
- Cruden, D.M.; Varnes, D.J. 1996. Landslide types and processes, en Turner, K., and Schuster, R. L., eds., *Landslides. Investigation and mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247: Washington D. C, National Academy Press. p. 36-75.
- Gansser, A. 1973. Facts and theories on the Andes. *Journal Geological Society London*, 15: 93-131.
- González, C.R. 1976. Oriocrassatella y Stutchburia (Bivalvia), en la ingresión marina del Pérmico Inferior de la quebrada de Agua Negra, Depto. Iglesia, Prov.

- de San Juan (Argentina). *Ameghiniana*, 13(2):127-140. Buenos Aires.
- González de Vallejo, L. (Coord.) 2004. *Ingeniería Geológica*. Pearson-Prentice Hall, Madrid, 835 págs.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección General de Minería, Geología e Hidrogeología, Publicación 58. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. I. Hoja Chos-Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina*, 1:177-208. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1949. Datos geológicos. Agua Minerales de la República Argentina. Volumen IX. Provincia de San Juan (1948):27-42. Buenos Aires.
- Gutiérrez, P.R. 1983. Geología del tramo medio de la Quebrada de Agua Negra, Departamento de Iglesias, Provincia de San Juan. Trabajo Final de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 198 pp.
- Gutiérrez, P.R., Pfefferkorn, H., Césari, S. 1994. *Velizia inconstans Césari & Hünicken (Gymnospermae) en la Formación Cerro Agua Negra (Paleozoico Superior)*, San Juan, República Argentina. *Ameghiniana*, 31(1):87-91. Buenos Aires.
- Heredía, N., Rodríguez Fernández, L.R., Gallastegui, G., Busquets, P., Colombo, F. 2002. Geological setting of the Argentine Frontal Cordillera in the flat-slab segment (30°00'-31°30' S latitude). *Journal of south American Earth Sciences* 15: 79-99.
- Humlum, O. 2000. The geomorphic significance of rock glaciers: estimates of rock glacier debris volumes and headwall recession rates in West Greenland. *Geomorphology* 35: 41-67.
- Hungr, O. 2005, Classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., *Debris flow hazard and related phenomena*: Chichester, Springer-Praxis, p. 9-23.
- Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.; Hutchinson, J.N. 2001, Review of the Classification of landslides of the flow type: *Environmental and Engineering Geoscience*, v. VII, p. 22-238.
- Hungr, O., Leroueil, S., Picarelli, L. 2013. The Varnes classification of landslides types, an update. *Landslides*. Springer Verlag.
- ISRM. 1981. Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring. ISRM, E. Brown ed., Pergamon Press, London.
- James, L.A. 2003. Glacial erosion and geomorphology in the northwest Sierra Nevada, CA. *Geomorphology* 55:283-303.
- Jordan, T.E., Isacks, B. L., Ramos, V. A., Allmendinger, R. W. 1983. Mountain Building in the central Andes. *Episodes*: 20-26.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Ramos, V. A., Munizaga, F. 1991. Magma source variations for mid-late Tertiary magmatic rocks associated with a shallowing subduction zone and thickening crust in the Central Andes (28°-33°S). In: Harmon, R. S., Rapela, C. W. (Eds.). *Andean Magmatism and its tectonic setting*. Geological society of America Special Paper 26: 113-137.
- Kokot, R. 1998. Geomorfología del área del Paso del Agua Negra, San Juan. Argentina. X Congreso Latinoamericano de geología y VI Congreso Nacional de geología económica. Actas I: 301-306.
- Leiva, J.C. 1999. Recent fluctuations of the Argentinian glaciers. *Global and Planetary Change*, 22: 169-177.
- Llambías, E.J., Sato, A.M. 1990. El batolito de Colangüil (29°-31° S), Cordillera Frontal de Argentina. Estructura y marco tectónico. *Revista Geológica de Chile*, 17(1):89-108. Santiago de Chile.
- Llambías, E.J., Sato, A.M. 1995. El batolito de Colangüil: transición entre orogénesis y anorogénesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 50(1-4):111-131. Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Caminos, R., Rapela, C.W. 1996. Capítulo XIV: Magmatismo. En: Archangelsky, S. (ed.), *El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*, pp. 267-288. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.
- Maksaev, V., Moscoso, R., Mpodozis, C., Nasi, C. 1984. Las unidades volcánicas y plutónicas del cenozoico superior en la Alta Cordillera del Norte Chico (29°-31° S): geología, Alteración hidrotermal y Mineralización. *Revista geológica de Chile* 11 (1): 12-51.
- Malizia, D., Limarino, C.O., Sosa-Gómez, J., Kokot, R., Nullo F.E., Gutiérrez, P. R. 1997. Descripción Hoja Geológica Paso del Agua Negra, escala 1:100.000. Secretaría de Minería de la Nación. Inédito.
- Martin, H.E., Whalley, W.B. 1987. Rock glaciers: a review. Part I. *Progr. Phis. Geogr.*, 11: 260-282.
- Martin, M., Clavero J. 1995. Mapa geológico del área del Embalse La Laguna y Paso del Agua Negra. Región Coquimbo, escala 1:50.000. Estudio Geológico de la Franja del Indio, cordillera de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-95-6, inédito. Santiago.
- Martin, M.W.; Clavero J., Mpodozis C. 1997a. Eocene to Late Miocene magmatic development of El Indio belt, 30° S, North-Central Chile. VIII Congreso Geológico Chileno, Actas I: 149-153. Antofagasta.
- Martin, M.W.; Clavero J., Mpodozis C. 1997b. Eocene to Late Miocene Structural development of Chile's El Indio gold Belt, 30° S. VIII Congreso Geológico Chileno, Actas I: 144-148. Antofagasta.

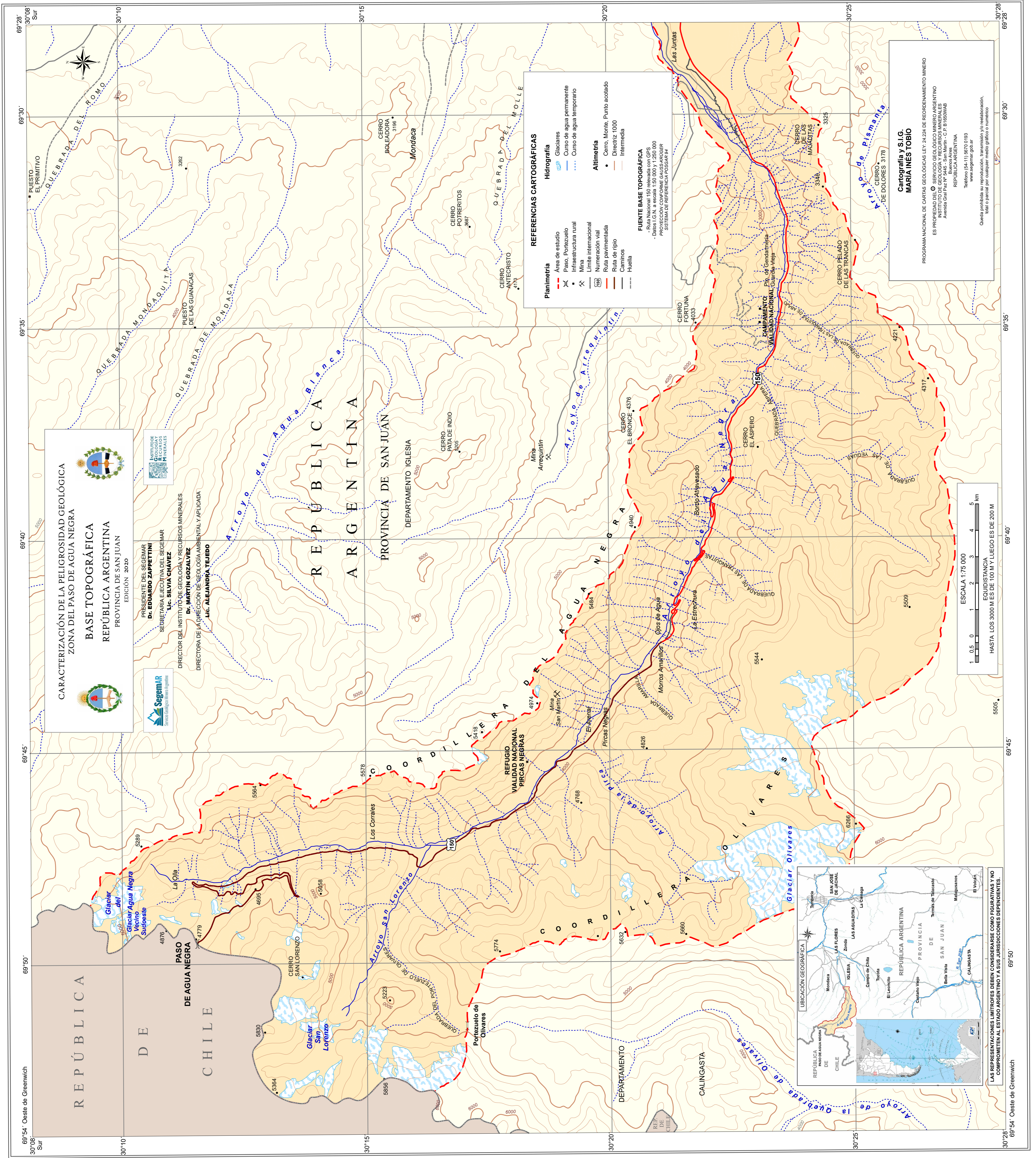
- Martin, M.W.; Clavero J., Mpodozis C. 1999. Late Paleozoic to Early Jurassic tectonic development of the high Andean Principal Cordillera, el Indio region, Chile (29°-30°S). *Journal of South American Earth Sciences* 12: 33-49.
- Milana, J.P., Maturano, A. 1999. Application of Radio Echo Sounding at the arid Andes of Argentina: the Agua Negra Glacier. *Global and Planetary Change*, 22: 179-191.
- Minetti, J.L., Barbieri, P.M., Carletto, M. C., Poblete, A. G., Sierra, E. M. 1986. El régimen de precipitación de la provincia de San Juan. Informe técnico 8. CIRSASJ-CONICET. San Juan.
- Moreno, R.A. 2000. Geomorfología del corredor andino de Agua Negra, depto. Iglesia. San Juan. *Revista del Instituto de Geografía Aplicada y Departamento de Geografía*, 3 (4): 37-48. Universidad Nacional de San Juan.
- Pelichotti, R.O., Rojo, C. 1979. Bosquejo geológico-minero de la mina San Martín, Agua Negra. Servicio Minero Nacional, mapa (inédito, carpeta 2395.11).
- Perucca, J.C., Carrizo, M.M. 1998. Riesgos naturales en la ruta de Agua Negra. X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica, Actas I: 379-384.
- Polanski, J. 1970. Carbónico y Pérmico de la Argentina. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Manuales. 216 pp. Buenos Aires.
- Quartino, B.J., Zardini, R.A. 1967. Geología y petrología de la cordillera de Colangüil y las serranías de Santa Rosa y San Juan. Magmatismo, metamorfismo y metalogénesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 22(1):5-63. Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1988. The tectonic of the Central Andes: 30° to 33° S latitude. En: S. Clark y D. Burchfield (eds.), *Processes in Continental Lithospheric Deformation*. Geological Society America, Special Paper, 218:31-54.
- Ramos, V.A. 1999. El Segmento de Subducción Subhorizontal de los Andes Centrales Argentino-Chilenos. *Acta geológica Hispánica* 32(7): 5-16.
- Ramos, V.A., Page, R., Kay, S.M., Lapido, O., Delpino, D. 1987. Geología de la región del volcán Tórtolas, valle del Cura, provincia de San Juan. X Congreso Geológico Argentino y Symposium Circumpacific Phanerozoic Granites. Actas 4:260-263. Tucumán.
- Rodríguez Fernández, L.R., Heredia, N., Marín, G., Quesada, C., Robador, A., Ragona, D., Cardó, R. 1996. Tectonoestratigrafía y estructura de los Andes Argentinos entre los 30° 30' y 31° 00' de latitud S. XIII Congreso Geológico Argentino y III congresos de Exploración de Hidrocarburos, Actas II: 111-124.
- Rodríguez Fernández, L.R., Heredia, N., Espina, R.G., Cegarra, M.I. 1999. Estratigrafía y estructura de los Andes Centrales Argentinos entre los 30° y 31° de latitud S. *Acta Geológica Hispánica* 32(1-2): 51-75.
- Rolleri, E.O., Criado-Roque, P. 1969. Geología de la provincia de Mendoza. *Actas 4° Jornadas sobre Geología Argentina*, Buenos Aires, 26(3):1-60.
- Sato, A.M., Llambías, E.J. 1993. El Grupo Choiyoi, provincia de San Juan: equivalente efusivo del batolito de Colangüil. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4:156-165. Mendoza.
- Sato, A.M., Llambías, E., Shaw, S., Castro, C. 1990. El batolito de Colangüil: modelo de magmatismo neopaleozoico de la provincia de San Juan. *Relatorio 11° Congreso Geológico Argentino*, San Juan, Actas:100-122.
- Scalabrini-Ortiz, J. 1973. El Carbónico de la Precordillera argentina al norte del río Jáchal. *Actas 5° Congreso Geológico Argentino*, Carlos Paz 1972, 3:387-401.
- Scholl, K.H. 2001. Mapeo geomorfológico del piso periglacial en Los Andes semiáridos. En IANIGLA 30 años de investigación básica y aplicada en Ciencias Ambientales. Mendoza.
- Schrott, L. 2001. Hidrología del permafrost de montaña y su relación con la radiación solar. Estudio de una cuenca colectora en Agua Negra, Altos Andes de San Juan, Argentina. En IANIGLA 30 años de investigación básica y aplicada en Ciencias Ambientales. Mendoza.
- Summerfield, M.A. 1991. *Global Geomorphology. An introduction to the study of landforms*. Logman S&T, 537 pp.
- T.E.A. Compañía Minera 1969. Resultados de la prospección geológica-minera en la provincia de San Juan, República Argentina. *Actas 4° Jornadas Geológicas Argentinas*, Mendoza 1968, 2:223-242.
- Thiele, R. 1964. Reconocimiento geológico de la Alta Cordillera de Elqui. Universidad de Chile, Departamento de Geología, *Publicaciones* (27):1-73. Santiago.
- Trombotto, D. 2001. El ambiente criogénico actual y el paleopermafrost en el extremo austral de América del Sur. En: IANIGLA 30 años de investigación básica y aplicada en Ciencias Ambientales. Mendoza.
- Uliarte, E. R., L. Ruzzycki de Berenstein y J. D. Paredes, 1990. *Relatorio de Geomorfología*. XI Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 212-227. San Juan.
- Varnes, D.J. 1978. Slope movement and types and processes. In: Schuster R. L. and Krizek (eds.) *Landslides: Analysis and control*. Transportation research Board Special Report 176. National Academy of Sciences: 11-33. Washington DC.

Vitallier, A. 1994. Descripción geológica de la región de las nacientes del arroyo Chita, provincia de San Juan. Universidad Nacional de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Trabajo Final de Licenciatura: 92 p. Inédito.

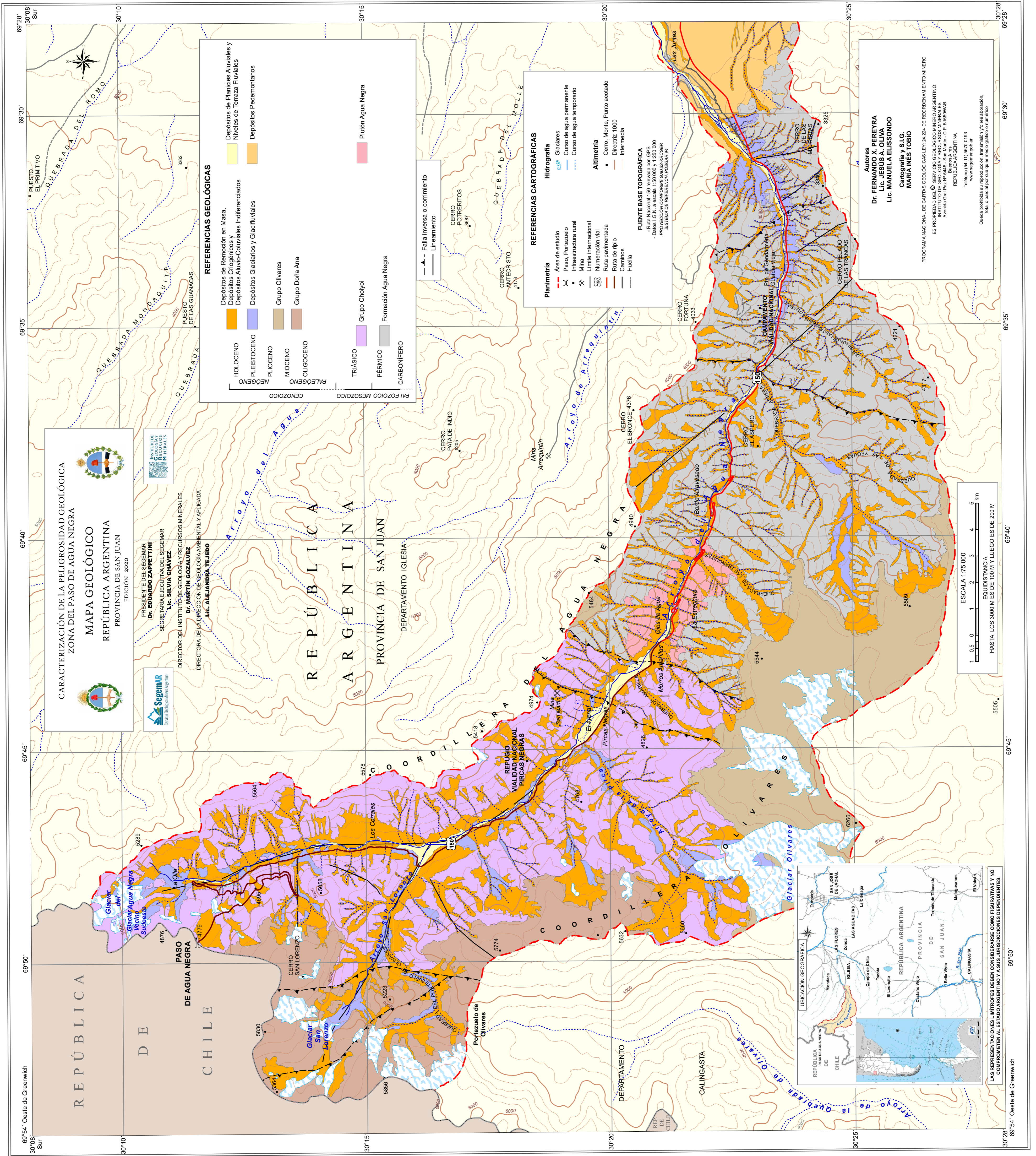
Yrigoyen, M.R. 1972. Cordillera Principal. En: A. F. Leanza (ed.), Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, pp. 354-364.

Entregado: 30 de agosto de 2020

Validado: 05 de mayo de 2021



Mapa Base Topográfica



69°54' Oeste de Greenwich

69°45'

69°35'

69°25'

69°15'

69°05'

69°00'

68°55'

68°45'

68°35'

68°25'

68°15'

68°05'

68°00'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'

29°20'

29°15'

29°10'

30°28' Sur

30°20'

30°15'

30°10'

30°05'

30°00'

29°55'

29°50'

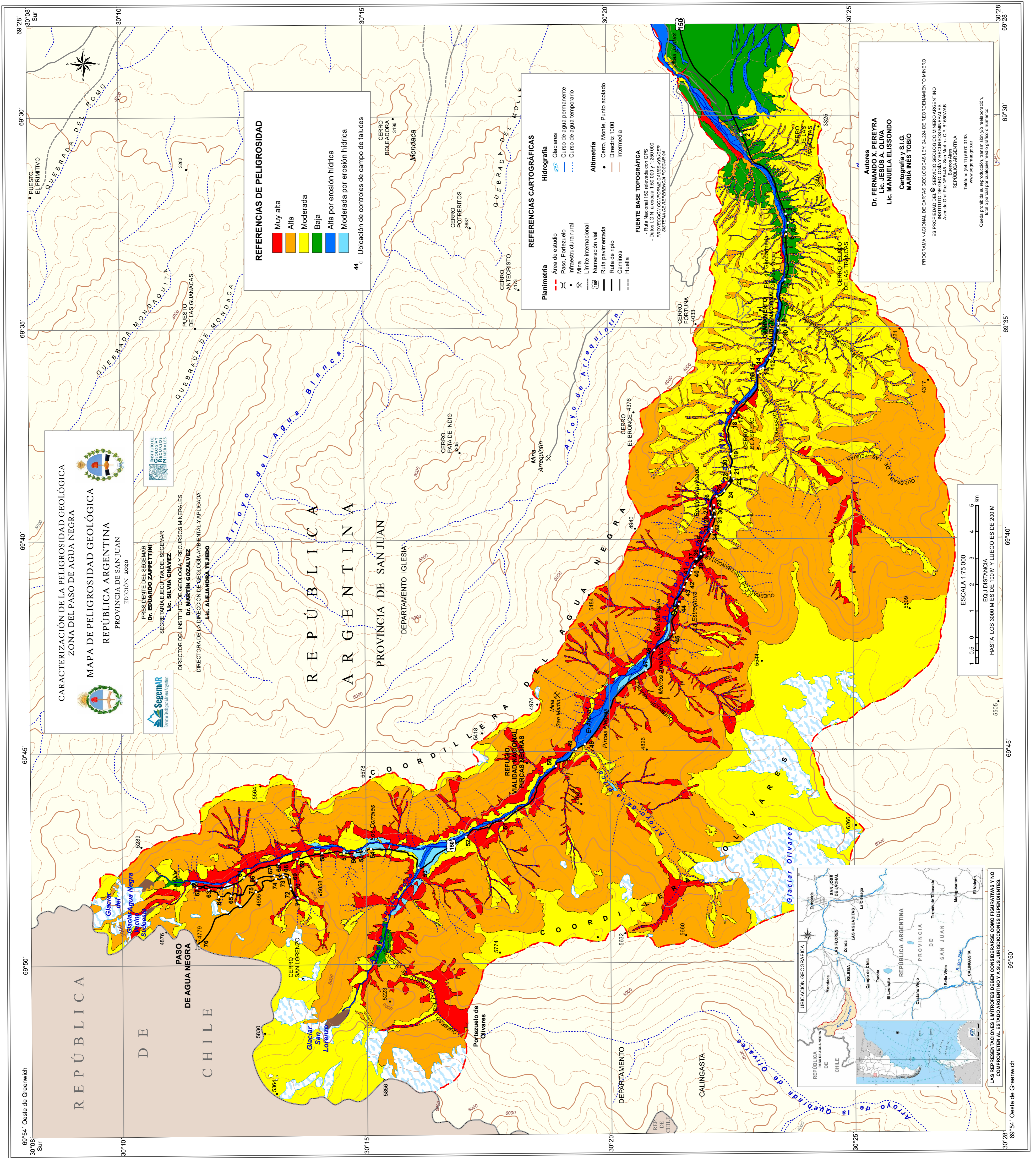
29°45'

29°40'

29°35'

29°30'

29°25'</



Mapas de Peligrosidad Geológica

ANEXO II

CARACTERIZACIÓN DE TALUDES

La información contenida en cada una de las planillas adjuntadas al presente informe es la síntesis de las observaciones de campo del talud (y/o ladera natural) inspeccionado.

La misma se estructura de la siguiente manera:

- N° informe: correspondiéndose con la misma enumeración el punto de ubicación en el mapa de peligrosidad geológica adjunto al presente informe (Anexo I). Dicha enumeración se establece en sentido ascendente desde el punto más bajo hasta el punto más alto topográficamente.
- Fecha de inspección.
- Ubicación general.
- Coordenadas geográficas: pudiéndose hacer referencia a una ubicación puntual o a una ubicación lineal (tramo de ruta).
- Fotografías: del talud (y/o ladera natural), de las obras de contención o sistemas de drenaje asociados o de cualquier otro aspecto o detalle de interés.
- Tipo: ladera natural, talud en relleno, talud en corte u otro.
- Pendiente: pendiente media del talud (y/o ladera natural) en grados sexagesimales.
- Condición: talud (y/o ladera natural) con deslizamiento identificado, con potencial deslizamiento o estable.
- Naturaleza y caracterización del material: descripción, disposición y orientación del material afectado, unidad geológica a la que pertenece, identificación del origen y/o el área de aporte, caracterización y grados de consolidación, cohesión y consistencia en materiales no competentes, caracterización y grados de fracturación en macizos rocosos, etc.
- Condiciones de saturación: identificación de las condiciones de humedad y contenido en agua del talud (y/o ladera natural), entre ellas: seco, húmedo, saturado, con flujo de agua en corona, intermedio o al pie, etc.
- Evidencias de inestabilidad: acumulación de material deslizado, basculamiento de bloques, grietas en el terreno o en estructuras, árboles inclinados, coronas, levantamiento del pie del talud (y/o ladera natural), etc.
- Obras de contención: tipología, dimensión, disposición y extensión, materiales constructivos empleados, estado estructural y de mantenimiento, etc.
- Sistema de drenaje: tipología, dimensión, disposición y extensión, materiales constructivos empleados, estado estructural y de mantenimiento, etc.
- Riesgo: valoración cualitativa del riesgo geológico asociado al talud (y/o ladera natural) en función de los factores de peligrosidad identificados.
- Caracterización del riesgo: justificación y descripción de la valoración cualitativa del riesgo geológico asociado al talud (y/o ladera natural).
- Recomendaciones: en función de la caracterización del riesgo geológico asociado al talud (y/o ladera natural) y en función de las eficacias, estados estructurales y de mantenimiento de las obras de contención y sistemas de drenaje implementados o necesidades de los mismos, de corresponder.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 01
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	20/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'45,6"S.	69°30'25,6"O.	2.718 m s. n. m.



Tipo:	Talud en relleno.	Pendiente:	50-60°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Terraplén artificial realizado en material de relleno con muy bajo grado de consolidación y compactación y formado por una mezcla de arena de tamaño de grano medio y piedra decimétrica.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Zona de flujo de agua estacional en corona, intermedio (atravesando la calzada) y al pie de la ladera. Deslizamiento identificado del material de relleno sobre alcantarilla de paso.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: alcantarilla de paso de tipo cajón simple, hormigonada y de dimensiones de la abertura de 1,00 x 1,00 m. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: malo, obstruida por material deslizado del talud.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Procesos de arrastre de clastos de orden casi métrico hacia la calzada. Potencial obstrucción de la alcantarilla por potenciales clastos de orden métrico y potencial colapso de la estructura por socavación.		
Recomendaciones:	Limpieza de la obra de drenaje y evaluación de su dimensionado y su estado. Acondicionamiento. Compactación y espesores del relleno adecuados. Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 02
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	20/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'46,6"S.	69°30'27,4"O.	2.719 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	60-65°
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos glaciafluviales aterrizados. Depósitos mal seleccionados con bajo grado de consolidación y compactación. Clastos de diversas litologías aflorantes de la quebrada del Agua Negra (Fm. Agua Negra: clastos de cuarcita, filita y pelita, de colores oscuros, subangulosos y diámetros de 1 a 8 cm; Granito Agua Negra: clastos de granito, de colores claros, de redondeados a subredondeados y diámetros mayores, siendo su diámetro común de 50-60 cm; Grupo Choiyoi: clastos de volcanita, de colores oscuros, subangulosos de diámetros de 1 a 8 cm. Imbricación de clastos y grosera estratificación subhorizontal. Matriz de arenosa a areno-limosa de colores amarillo, gris y ocre, de muy baja cohesión y muy baja consistencia.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Pequeñas acumulaciones de clastos decimétricos al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes. Obras de estabilización del talud mediante 2 bancos de 6 y 4m aprox. de altura c/u.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada (no hormigonada) y sin berma al pie del talud, de profundidad 45 cm.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos decimétricos (de diámetros máx. 50-60 cm) hacia la calzada y a baja velocidad.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 03
---------------------------------------	---------------

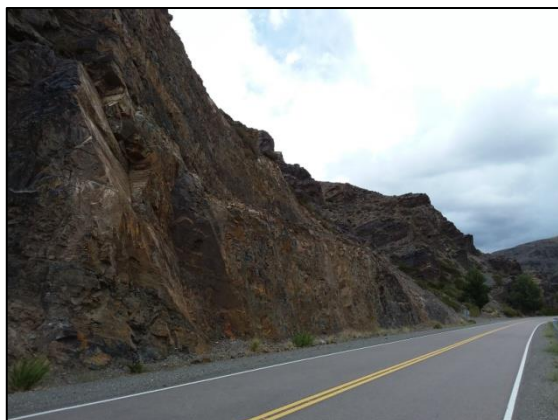
Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°23'41,5"S.	69°32'42,2"O.	2.822 m s. n. m.
Tramo:	30°23'41,0"S.	69°32'48,4"O.	2.829 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-75º
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos de orden principalmente decimétrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos subhorizontales de cuarcitas de color de pardo oscuro a negro, moderadamente duras y de potencias decimétricas hasta métricas, y estratos, también con disposiciones subhorizontales, de pelitas oscuras, blandas y de potencias centimétricas, ambas litologías de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes. Obras de estabilización del talud mediante 2 bancos de 6 m aprox. de altura c/u.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico. El riesgo de caída de rocas hacia la calzada se minimiza en parte por la disposición subhorizontal de los bancos y estratos rocosos.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	N°: 04
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°23'39,6"S.	69°33'52,5"O.	2.892 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-75°
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos y tabulares de orden principalmente decimétrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos subhorizontales de cuarcitas y filitas de color de pardo oscuro a negro, moderadamente duras y de potencias decimétricas, y estratos, también con disposiciones subhorizontales, de pelitas oscuras, blandas y de potencias centimétricas, ambas litologías de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes. Obras de estabilización del talud mediante 2 bancos de 6 m aprox. de altura c/u.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico. El riesgo de caída de rocas hacia la calzada se minimiza en parte por la disposición subhorizontal de los bancos y estratos rocosos.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD			Nº: 05
Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Frente al Campamento de Vialidad Nacional, RN-150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°23'31,1"S.	69°34'53,8"O.	2.962 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	80-85°
Condición:	Talud de moderadamente estable a talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos y tabulares de orden principalmente decimétrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos subhorizontales de cuarcitas y filitas de color de pardo oscuro a negro, moderadamente duras y de potencias decimétricas, y estratos, también con disposiciones subhorizontales, de pelitas oscuras, blandas y de potencias centimétricas, ambas litologías de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud y en buen estado estructural y de mantenimiento.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico. El riesgo de caída de rocas hacia la calzada se minimiza en parte por la disposición subhorizontal de los bancos y estratos rocosos.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 06
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Frente al Campamento de Vialidad Nacional, RN-150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°23'31,1"S.	69°34'55,5"O.	2.961 m s. n. m.
Tramo:	30°23'30,6"S.	69°35'01,2"O.	2.964 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	80-85°
Condición:	Talud de moderadamente estable a talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos y tabulares de orden principalmente decimétrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos subhorizontales de cuarcitas y filitas de color de pardo oscuro a negro, moderadamente duras y de potencias decimétricas, y estratos, también con disposiciones subhorizontales, de pelitas oscuras, blandas y de potencias centimétricas, ambas litologías de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico. El riesgo de caída de rocas hacia la calzada se minimiza en parte por la disposición subhorizontal de los bancos y estratos rocosos.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 07
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°23'20,5"S.	69°35'44,0'O.	3.021 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	60-70°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques tabulares, cúbicos e irregulares de orden principalmente decimétrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos inclinados de cuarcita de color de pardo oscuro a negro, moderadamente dura y de potencias decimétricas hasta métricas, y estratos, con la misma orientación, de pelitas oscuras, blandas y de potencias centimétricas hasta decimétricas, ambas litologías de la Fm. Agua Negra. Dirección de buzamiento de los planos de estratificación a favor de pendiente y hacia la calzada. Varias familias de diaclasas de primer y segundo orden, tres familias de diaclasas principales.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada (no hormigonada) y sin berma al pie del talud, de profundidad 40 cm.		
Riesgo:	De bajo a moderado.		
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico. Los planos de estratificación inclinan a favor de pendiente y hacia la calzada, pudiendo actuar como planos de deslizamientos ante la potencial de caída de bloques hacia la misma.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 08
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°23'12,1"S.	69°35'57,6"O.	3.048 m s. n. m.
Tramo:	30°23'08,9"S.	69°35'59,0"O.	3.057 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	60-70°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques tabulares e irregulares de orden principalmente decimétrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos inclinados de cuarcita de color de pardo oscuro a negro, moderadamente dura y de potencias decimétricas hasta métricas, y estratos, con la misma orientación, de pelitas oscuras, blandas y de potencias centimétricas hasta decimétricas, ambas litologías de la Fm. Agua Negra. Dirección de buzamiento de los planos de estratificación: 50-60°/100-140. Varias familias de diaclasas de primer y segundo orden, tres familias de diaclasas principales.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 09
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	19/01/2018		
Ubicación General:	Prox. al Paraje Quebrada Áspera, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°23'07,5"S.	69°35'59,9'O.	3.059 m s. n. m.
Tramo:	30°23'05,6"S.	69°36'04,8'O.	3.062 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares de orden decimétrico y métrico, brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: alternancia de bancos inclinados de cuarcita de color de pardo oscuro a negro, moderadamente dura y de potencias de 80 a 140 cm (hasta potencias de 200 y 300 cm), y estratos, con la misma orientación, de pelitas oscuras, blandas y de potencias de 15 a 40 cm, ambas litologías de la Fm. Agua Negra. Dirección de buzamiento de los planos de estratificación: 54°/120. Varias familias de diaclasas de primer y segundo orden, tres familias de diaclasas principales. Familia Diaclasas I: orientación 60°/305; espaciados de juntos a moderadamente juntos (120 a 300 mm); continuidades o persistencias medias (4 a 7 m); aberturas abiertas (1 a 3 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas II (subvertical): orientación 84°/220 (perpendicular a la orientación de las diaclasas de la familia I); espaciados de muy juntos a moderadamente juntos (50 a 500 mm); continuidades o persistencias medias (4 a 7 m); aberturas abiertas (1 a 3 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas III: orientación 30°/328; espaciados separados (600 a 2.000-3.000 mm, orden métrico); continuidades o persistencias bajas (2 a 4 m); aberturas de abiertas a anchas (milimétricas la mayoría hasta 10-20 mm); superficies planas y lisas (la mayoría) a onduladas y ligeramente rugosas; sin relleno (la mayoría), alguna con relleno de material</p>		

	fino fracción limo; juntas secas, sin evidencia de agua.
Cond. de Saturación:	Seco.
Evidencias de Inestabilidad:	Caídas y acumulaciones puntuales de rocas de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud. Basculamiento de bloques de orden métrico sobre el talud. Bloque métrico por desprenderse del talud de dimensiones aprox. 3,50 x 2,50 m.
Obras de Contención:	Ausentes.
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento.
Riesgo:	Muy alto.
Caracterización del Riesgo:	La tipología de las familias de diaclasas, el estado brechificado y las diferencias de las competencias en alternancia de los materiales que conforman el macizo rocoso favorecen la formación y caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico y hasta posibles bloques irregulares de orden métrico hacia la calzada. El riesgo se incrementa por la propia curva generada en el trazado de la ruta, y hacia la coordenada inferior del tramo, donde los planos de estratificación inclinan a favor de pendiente y hacia la calzada, pudiendo actuar como planos de deslizamientos ante la potencial de caída de bloques hacia la misma.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 10
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	09/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'37,4''S.	69°37'04,7''O.	3.155 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado en bloques tabulares de orden decimétrico y métrico y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: pizarra de colores pardos y negros, foliada y moderadamente dura de la Fm. Agua Negra. Direcciones de foliación observadas: s1 (25°/290), s2 (74°/125) y s3 (90°/170), ésta última inclinando hacia la calzada.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Desprendimiento, caída y acumulación de rocas de orden decimétrico al pie del talud y sobre la calzada. Vuelco de bloques de orden métrico sobre el talud. Bloque métrico desprendido recientemente del talud de dimensiones aprox. 3,00 x 1,50 m sobre la calzada.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada no hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud. La longitud de esta sólo cubre de forma parcial el tramo afectado.		
Riesgo:	Alto.		
Caracterización del Riesgo:	La naturaleza fracturada y foliada del macizo rocoso favorece el desprendimiento y la caída de rocas de orden decimétrico y el vuelco y la caída de bloques tabulares de orden métrico.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes y sistema de drenaje longitudinal que cubra el resto del tramo afectado. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 11
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	18/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'34,1"S.	69°37'09,5"O.	3.155 m s. n. m.
Tramo:	30°22'31,8"S.	69°37'59,4"O.	3.204 m s. n. m.

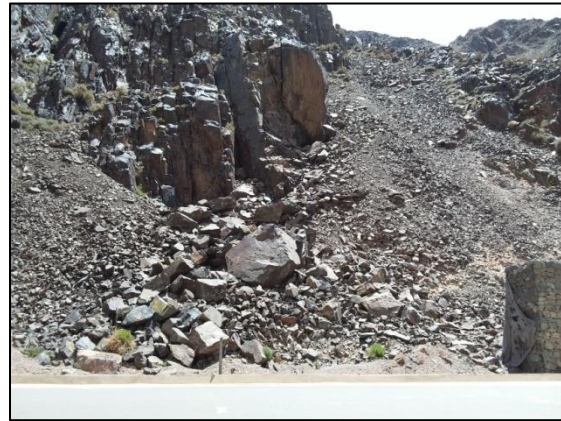


Tipo:	Taludes en corte.	Pendiente:	60-70°
Condición:	Taludes con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares de orden decimétrico (excepcionalmente alguno métrico), brechificado y meteorizado. Roca: cuarcita de colores oscuros a colores pardos y claros y muy dura, y hacia la coordenada inferior, pizarras y pelitas oscuras de blandas a moderadamente duras, ambas de la Fm. Agua Negra. Varias familias de diaclasas, las dos principales: una con orientación subvertical y otra con orientación inclinando aproximadamente a unos 45° a favor de la pendiente y a favor de la calzada, siendo ésta última uno de los principales planos de rotura del macizo rocoso.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas de orden centimétrico y decimétrico al pie de los taludes.		
Obras de Contención:	Muros de gaviones escalonados de hasta 2 y 3 módulos (alturas totales comprendidas entre 2,50 y 6,00 m) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión al pie del talud. Tramos cubiertos puntuales, sin cubrir la totalidad del tramo afectado. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: regular, parcialmente colmatados de material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento. Tramos cubiertos parciales con respecto al tramo afectado, y coincidiendo exclusivamente con los tramos		

	cubiertos por los muros de gaviones existentes.
Riesgo:	De moderado a alto.
Caracterización del Riesgo:	Caídas y acumulaciones identificadas de rocas irregulares de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud. Excepcionalmente, potenciales caídas de bloques irregulares de orden métrico hacia la calzada.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de la extensión de obras de contención y sistema de drenaje para cubrir la totalidad del tramo afectado. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 12
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	18/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'30,4"S.	69°38'21,7"O.	3.229 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	40-50°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Depósitos de remoción en masa, con caída de rocas y bloques de orden decimétrico a métrico, asociados al macizo rocoso superior. Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos, tabulares e irregulares de orden principalmente métrico, brechificado y meteorizado. Roca: cuarcita de color oscuro y muy dura de la Fm. Agua Negra. Varias familias de diaclasas, las dos principales: una con orientación subvertical y otra con orientación inclinando aproximadamente a unos 45° a favor de la pendiente y a favor de la calzada, siendo ésta última uno de los principales planos de rotura del macizo rocoso. La ladera se caracteriza también por la existencia y desarrollo de pequeños conos de talud asociados al macizo rocoso, con caídas y acumulaciones de rocas de orden centimétrico y decimétrico.</p>		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	<p>Caída y acumulación de rocas de orden decimétrico y caída de bloques de hasta orden métrico al pie de la ladera. Antecedente de caída de bloque de orden métrico de dimensiones aprox. 5,50 x 3,60 m atravesando la calzada.</p>		
Obras de Contención:	<p>Muro de gavión escalonado de hasta 4 módulos (altura máx. 3,60 m) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión al pie de la ladera. Tramo cubierto parcial, sin cubrir la totalidad del tramo afectado. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: bueno, sin colmatar de material deslizado.</p>		

Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie de la ladera, en buen estado estructural y de mantenimiento. Tramo cubierto parcial, sin cubrir la totalidad del tramo afectado.
Riesgo:	Muy alto.
Caracterización del Riesgo:	Caída y acumulación identificadas de bloques rocosos cúbicos, tabulares e irregulares de orden métrico al pie del talud y sobre la calzada. La tipología de las diaclasas del macizo rocoso favorece la formación de bloques de estas magnitudes. El plano de rotura y su orientación identificados sobre una de las familias principales de diaclasas actúan como planos de deslizamientos ante la potencial de caída de bloques hacia la calzada.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de la extensión de obras de contención y sistema de drenaje hasta la coordenada superior del tramo afectado para cubrir la totalidad del tramo de mayor riesgo, así como obras complementarias a las existentes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 13
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	18/01/2018		
Ubicación General:	Prox. al cruce del arroyo Agua Negra con RN-150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'30,9"S.	69°38'29,7"O.	3.235 m s. n. m.
Tramo:	30°22'28,8"S.	69°38'40,8"O.	3.251 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	40-50°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de remoción en masa, con caída de rocas y bloques de orden decimétrico a métrico, asociados al macizo rocoso superior. Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares de orden principalmente métrico, brechificado y meteorizado. Roca: cuarcita de color oscuro y muy dura de la Fm. Agua Negra. Varias familias de diaclasas, las dos principales: una con orientación subvertical y otra con orientación inclinando aproximadamente a unos 45° a favor de la pendiente y a favor de la calzada, siendo ésta última uno de los principales planos de rotura del macizo rocoso. La ladera se caracteriza también por la existencia y desarrollo de pequeños conos de talud asociados al macizo rocoso, con caídas y acumulaciones de rocas de orden centimétrico y decimétrico.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas de orden decimétrico y caída de bloques de hasta orden métrico al pie de la ladera.		
Obras de Contención:	Muro de gavión escalonado de hasta 5 módulos (altura máx. 5,50 m) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión al pie de la ladera. Tramo cubierto parcial, sin cubrir la totalidad del tramo afectado. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: moderado, parcialmente colmatado por material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45cm al pie de la ladera, en		

	buen estado estructural y de mantenimiento. Tramo cubierto parcial, sin cubrir la totalidad del tramo afectado.
Riesgo:	Muy alto.
Caracterización del Riesgo:	Caída y acumulación identificadas de bloques rocosos irregulares de orden métrico al pie de la ladera. La tipología de las diaclasas del macizo rocoso favorece la formación de bloques de estas magnitudes. El plano de rotura y su orientación identificados sobre una de las familias principales de diaclasas actúan como planos de deslizamientos ante la potencial de caída de bloques hacia la calzada.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de la extensión de obras de contención y sistema de drenaje hasta la coordenada inferior del tramo afectado para cubrir la totalidad del tramo de mayor riesgo, así como obras complementarias a las existentes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 14
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	18/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'35,0"S.	69°38'34,8"O.	3.260 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	75-80°
Condición:	Talud moderadamente estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques tabulares e irregulares angulosos de orden centimétrico y decimétrico, muy brechificado y meteorizado (decolorado en superficie). Roca: cuarcita de color de pardo oscuro a negro y muy dura de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas angulosas de orden centimétrico y decimétrico (hasta un diámetro máx. de 50-60 cm) sobre los bancos superiores del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes. Obras de estabilización del talud mediante 6 y 7 bancos de 6 m aprox. de altura cada una.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	El estado totalmente brechificado del macizo rocoso favorece la formación y caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico, en todos los casos con morfologías angulosas. Los bancos del talud minimizan en parte el riesgo, conteniéndose la caída y la acumulación de rocas en los bancos superiores.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención en la parte superior del talud y de sistema de drenaje acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar), evitando la colmatación de material deslizado en los bancos superiores del talud, además del tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 15
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	18/01/2018		
Ubicación General:	Paraje Bordo Atravesado, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'14,0''S.	69°39'00,0''O.	3.319 m s. n. m.
Tramo:	30°22'05,9''S.	69°39'16,9''O.	3.339 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	65-78°
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos con moderado a alto grado de consolidación y compactación, formados por clastos subangulosos centimétricos y decimétricos cuarcíticos y graníticos envueltos en una matriz sostén de limosa a limo-arenosa de color ocre claro y de moderada a elevada consistencia.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes. Estabilización mediante 2 bancos de 6 m aprox. de altura c/u.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos de pequeñas dimensiones (orden centimétrico y decimétrico) hacia la calzada y a baja velocidad. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 16
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	18/01/2018		
Ubicación General:	Paraje Bordo Atravesado, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'05,5"S.	69°39'16,5"O.	3.338 m s. n. m.
Tramo:	30°22'06,2"S.	69°39'29,0"O.	3.361 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	40-45°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de remoción en masa, con caída de rocas y bloques de orden decimétrico a métrico, asociados al macizo rocoso superior. Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares de orden principalmente métrico, brechificado y ligeramente meteorizado. Roca: cuarcita de color oscuro y muy dura de la Fm. Agua Negra. Varias familias de diaclasas, las dos principales: una con orientación subvertical y otra con orientación inclinando aproximadamente a unos 45° a favor de la pendiente y a favor de la calzada, siendo ésta última uno de los principales planos de rotura del macizo rocoso.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas de orden decimétrico y bloques de orden métrico al pie de la ladera. Antecedente reciente de caída de un bloque de orden métrico de dimensiones 3,50 x 2,60 m sobre la calzada (ocurrida el 08/01/2018).		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Muy alto.		
Caracterización del Riesgo:	Caída y acumulación identificadas de bloques rocosos irregulares de orden métrico hacia la calzada. La tipología de las diaclasas del macizo rocoso favorece la formación de bloques de estas magnitudes. El plano de rotura y su orientación identificados sobre una de las familias principales de diaclasas actúan como planos de deslizamientos ante la potencial de caída de bloques hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y sistema de drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 17
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Paraje Bordo Atravesado, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'10,5"S.	69°39'12,1"O.	3.384 m s. n. m.
Tramo:	30°22'10,7"S.	69°39'19,8"O.	3.393 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	80º
Condición:	Talud con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos mal seleccionados con bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos de subangulosos a subredondeados cuarcíticos y pizarrosos, centimétricos a decimétricos y abundante matriz areno-limosa de color castaño claro y de baja a moderada consistencia, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado y meteorizado. Afloramiento escarpado y abrupto. Roca: cuarcita de color de pardo oscuro a negro y muy dura y pizarra de colores pardos y oscuros y moderadamente dura, ambas de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos subangulosos y subredondeados cuarcíticos y pizarrosos de diámetros centimétricos a decimétricos al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes. Obras de estabilización del talud mediante 2 bancos de 6 m aprox. de altura c/u.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada (no hormigonada) y sin berma al pie del talud, de profundidad 45 cm.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geofорма asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos subangulosos y subredondeados decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 18
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Paraje Bordo Atravesado, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'10,7"S.	69°39'19,8"O.	3.393 m s. n. m.
Tramo:	30°22'11,7"S.	69°39'28,3"O.	3.401 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	50-55°
Condición:	Talud con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares angulosos de orden decimétrico y métrico, muy brechificado y meteorizado. Roca: cuarcita de color de pardo gris a negro y muy dura de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas angulosas de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada (prof. 45 cm) al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	El estado totalmente brechificado del macizo rocoso favorece la formación y caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico y hasta posibles bloques irregulares de orden métrico hacia la calzada, en todos los casos con morfologías angulosas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes a los tramos afectados por los procesos descritos. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 19
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Prox. al Paraje Bordo Atravesado, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'07,8''S.	69°39'44,6''O.	3.414 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	62-70°
Condición:	Talud con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos mal seleccionados con bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos de angulosos a subangulosos cuarcíticos y pizarrosos, centimétricos a decimétricos y matriz areno-limosa de color castaño claro y de moderada consistencia, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado y meteorizado. Afloramiento escarpado y abrupto. Roca: cuarcita de color de pardo oscuro a negro y muy dura y pizarra de colores pardos y oscuros y moderadamente dura, ambas de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos angulosos y subangulosos cuarcíticos y pizarrosos de diámetros centimétricos a decimétricos al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada (prof. 40 cm) al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos angulosos y subangulosos decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 20
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°22'07,5"S.	69°39'47,7"O.	3.417 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	50-60°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de relleno de valle de curso de agua tributario activo. Depósitos con bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos subangulosos cuarcíticos centimétricos (algunos decimétricos) y matriz limo arenosa de color pardo rojizo y de baja consistencia, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado y meteorizado. Afloramiento escarpado y abrupto. Roca: cuarcita de color de pardo oscuro a negro y muy dura de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie del talud.		
Evidencias de Inestabilidad:	Procesos de arrastre y acumulación de clastos de orden centimétrico (algunos decimétricos) al pie del talud. Flujo de agua en corona, intermedio y al pie del talud.		
Obras de Contención:	Muro de gavión escalonado de 2 módulos (dimensiones máx.: 190 x 100 cm) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión al pie del talud. Tramo cubierto parcial, sin cubrir la totalidad del tramo afectado. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: bueno, sin colmatar por material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: cuneta hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud y en buen estado. Drenaje transversal a la calzada: cañería plástica de diámetro 2".		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades provocado por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención en la totalidad del tramo afectado y de obras de drenaje acorde a los procesos descritos. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas que puedan provocar flujos y arrastres de material importantes.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 21
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°22'07,0"S.	69°39'50,0"O.	3.427 m s. n. m.
Tramo:	30°21'59,2"S.	69°40'07,9"O.	3.455 m s. n. m.



Tipo:	Taludes en corte.	Pendiente:	65-75º
Condición:	Taludes con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares muy angulosos de orden decimétrico, muy brechificado y meteorizado. Roca: cuarcita de color de pardo oscuro a negro y muy dura de la Fm. Agua Negra.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas muy angulosas de orden centimétrico y decimétrico en corona, intermedio y al pie de los taludes.		
Obras de Contención:	Ausentes. Obras de estabilización de los taludes mediante 2-3 bancos de 6 m aprox. de altura c/u, cubriendo longitudes parciales del tramo afectado.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal parcialmente excavada (no hormigonada) y sin berma al pie del talud, de profundidad 30 cm.		
Riesgo:	Alto.		
Caracterización del Riesgo:	El estado totalmente brechificado del macizo rocoso favorece la formación y caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico y hasta posibles bloques irregulares de orden métrico hacia la calzada, en todos los casos con morfologías muy angulosas.		
Recomendaciones:	<p>Instalación de señalización vial preventiva.</p> <p>Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención acordes a los tramos afectados por los procesos descritos.</p> <p>Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.</p>		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 22
---------------------------------------	---------------

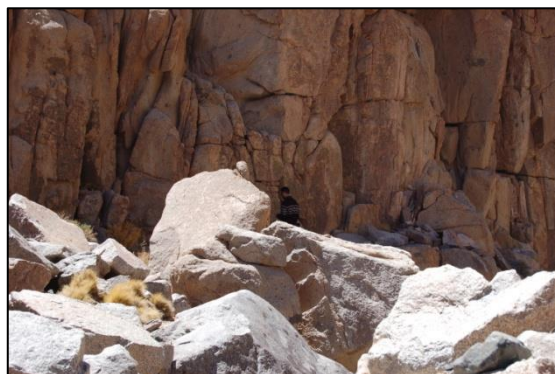
Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°21'54,5"S.	69°40'21,4"O.	3.481 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	80°
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Macizo rocoso fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos de orden métrico y meteorizado. Roca: granito de tamaño de grano grueso, color rosado y moderadamente duro del Plutón Agua Negra. Tres familias de diaclasas principales. Familia Diaclasas I (subvertical): orientación 90°/254; espaciados de separados a muy separados (1.800 a 2.800 mm); continuidades o persistencias medias (4 a 6 m); aberturas de moderadamente anchas a extremadamente anchas (pocos milímetros a 200 mm); superficies de planas a onduladas y de lisas a rugosas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de evidencia de agua. Familia Diaclasas II (subvertical): orientación perpendicular a las diaclasas de la familia I; espaciados de separados a muy separados (1.000 a 2.000 mm); continuidades o persistencias medias (4 a 6 m); aberturas de moderadamente anchas a muy anchas (pocos milímetros a 100 mm); superficies de planas a onduladas y de lisas a rugosas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de evidencia de agua. Familia Diaclasas III (subhorizontal): orientación 10°/090; espaciados separados (1.100 a 2.100 mm); continuidades o persistencias medias (8 a 10 m); aberturas de moderadamente anchas a extremadamente anchas (de pocos milímetros a varios centímetros); superficies de planas a ligeramente onduladas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de evidencia de agua.</p>		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal parcialmente excavada (no hormigonada) y sin berma al pie del talud, de profundidad 30 cm.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas decimétricas procedentes de la ladera por encima del talud identificado hacia la calzada. La distancia del talud con respecto a la calzada (mayor a 8 m) minimiza en gran medida el riesgo.		
Recomendaciones:	Monitoreo y mantenimiento de obra asociada y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 23
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Zona de cruce del arroyo Agua Negra con la RN-150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°21'48,7"S.	69°40'28,1"O.	3.495 m s. n. m.

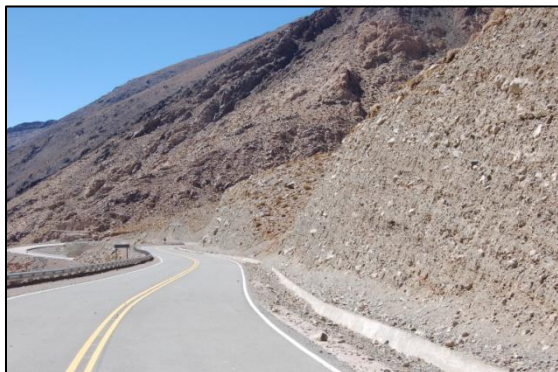


Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Macizo rocoso fracturado (diaclasado) en bloques columnares de orden métrico y ligeramente meteorizado (decolorado) sobre la margen izquierda del arroyo Agua Negra. Roca: granito de tamaño de grano medio, color rosado y muy duro del Plutón Agua Negra. Tres familias de diaclasas principales. Familia Diaclasas I (subvertical): orientación 85°/130; espaciados separados (700 a 1.700 mm); continuidades o persistencias de medias a altas (8 a 12 m); aberturas de muy anchas a extremadamente anchas (50 a 200 mm); superficies onduladas y rugosas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de evidencia de agua. Familia Diaclasas II (subvertical): orientación perpendicular a las diaclasas de la familia I; espaciados separados (600 a 1.700 mm); continuidades o persistencias de medias a altas (8 a 12 m); aberturas de muy anchas a extremadamente anchas (40 a 180 mm); superficies onduladas y rugosas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de evidencia de agua. Familia Diaclasas III (subhorizontal): orientación 12°/215, inclinando ligeramente hacia el curso del arroyo Agua Negra; algunos espaciados separados (900 mm), y la mayoría espaciados extremadamente separados (superiores a 5.000 mm); continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 5 m); aberturas de moderadamente anchas a anchas (5 a 20 mm); superficies onduladas y moderadamente lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de evidencia de agua.</p>		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de bloques tabulares y cúbicos decimétricos hasta casi métricos al pie del talud y sobre la margen izquierda del arroyo Agua Negra. Basculamiento de grandes bloques columnares de orden métrico sobre el talud rocoso.		

Obras de Contención:	Ausentes.
Sistema de Drenaje:	Ausente.
Riesgo:	Muy alto.
Caracterización del Riesgo:	<p>Potencial caída de grandes bloques columnares, métricos, del talud rocoso hacia la calzada y hacia el cauce del arroyo Agua Negra. La tipología de las diaclasas del macizo rocoso favorece la formación de bloques de estas morfologías y magnitudes. El plano de orientación identificado sobre una de las familias principales de diaclasas puede actuar como plano de deslizamiento ante la potencial de caída de bloques hacia el curso del arroyo Agua Negra.</p> <p>Potencial endicamiento del arroyo Agua Negra por desprendimiento y caída de grandes bloques métricos al mismo, sumado a un potencial efecto sinérgico por la presencia de dos alcantarillas de paso en este tramo de ruta y la posibilidad de que materiales arrastrados por el cauce puedan llegar a obstruir parcialmente las mismas.</p>
Recomendaciones:	<p>Instalación de señalización vial preventiva.</p> <p>Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención sobre el talud.</p> <p>Monitoreo y mantenimiento de las obras a asociar (de aplicar).</p> <p>Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas que puedan provocar arrastres importantes de material por el cauce del arroyo.</p>

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 24
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Paraje La Estrechura, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°21'58,7"S.	69°40'19,5"O.	3.498 m s. n. m.
Tramo:	30°21'46,5"S.	69°40'38,5"O.	3.533 m s. n. m.



Tipo:	Taludes en corte.	Pendiente:	70-72°
Condición:	Taludes con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos mal seleccionados con bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos subangulosos cuarcíticos, pizarrosos y graníticos, centimétricos a decimétricos (alguno casi métrico) y envueltos en abundante matriz de limo arenosa a arenosa de tamaño de grano de fino a medio, color pardo claro y de baja consistencia. Origen: macizos rocosos superiores, Plutón Granítico Agua Negra en la parte baja de la ladera y metamorfitas de la Fm. Agua Negra en la parte superior.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos subangulosos cuarcíticos, pizarrosos y graníticos, de diámetros centimétricos a decimétricos, al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada (prof. 45 cm) al pie del talud, en buen estado estructural y de mantenimiento. Tramo cubierto parcial, sin cubrir la parte final del tramo afectado.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos subangulosos decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad (ocasionalmente alguno casi métrico). Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 25
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	12/11/2017		
Ubicación General:	Paraje La Estrechura, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°21'43,0''S.	69°40'43,8''O.	3.538 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-74°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos de orden métrico y de no meteorizado a ligeramente meteorizado. Roca: granito de tamaño de grano medio, color rosado y muy duro del Plutón Agua Negra. Tres familias de diaclasas principales. Familia Diaclasas I (subvertical): orientación 78°/254; espaciados separados (900 a 1.100 mm); continuidades o persistencias bajas (2 a 3 m); aberturas de anchas a muy anchas (10 a 40 mm); superficies planas y lisas; sin relleno (sólo algunas, las de mayor abertura, con relleno de material fino de tamaño de grano de arena muy fina); juntas y rellenos secos. Familia Diaclasas II (subvertical): orientación perpendicular a las diaclasas de la familia I; espaciados separados (600 a 900 mm); continuidades o persistencias bajas (2 a 3 m); aberturas de abiertas a moderadamente anchas (1 a 4 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas III (subhorizontal): orientación 4°/130, inclinando ligeramente hacia el trazado de la ruta; espaciados separados (1.400 a 1.600 mm); continuidades o persistencias medias (8 a 10 m); aberturas extremadamente anchas (150 a 200 mm); superficies onduladas y rugosas; con relleno de material fino de tamaño de grano de arena muy fina y clastos angulosos graníticos centimétricos; juntas y relleno secos.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Basculamiento de bloques cúbicos de orden métrico sobre el talud rocoso. Bloque cúbico métrico inestable sobre el talud rocoso de dimensiones aprox. 5,00 x 5,00 m (ver foto).		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal parcialmente excavada no hormigonada y sin berma al pie		

	del talud, de profundidad 30 cm.
Riesgo:	De moderado a alto.
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de bloques cúbicos métricos del talud rocoso hacia la calzada. La tipología de las diaclasas del macizo rocoso favorece la formación de bloques de estas magnitudes. La orientación identificada sobre una de las familias principales de diaclasas puede facilitar en cierto grado el deslizamiento ante la potencial de caída de bloques hacia la calzada.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención sobre el talud. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 26
---------------------------------------	---------------

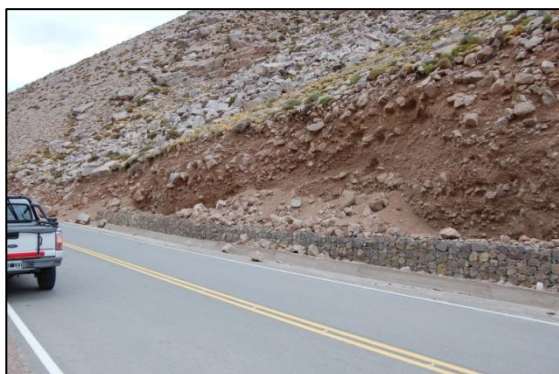
Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Paraje La Estrechura, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°21'41,8''S.	69°40'48,5''O.	3.561 m s. n. m.
Tramo:	30°21'36,7''S.	69°40'59,3''O.	3.560 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	60°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de cono de talud. Material depositado procedente del macizo rocoso superior. Depósitos con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos graníticos decimétricos hasta métricos envueltos en una matriz de limo-arenosa a arenosa de color castaño claro y de baja a muy baja consistencia. Macizo rocoso superior: granito de tamaño de grano medio, color rosado y muy duro del plutón Agua Negra, diaclasado, con tres familias principales de diaclasas (1.-subvertical, 2.-subvertical y 3.- subhorizontal) y afloramientos en grandes escarpes y abruptos.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos y hasta métricos al pie del talud.		
Obras de Contención:	Muro de gavión simple (un módulo) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión (dimensiones: 100 x 100 cm) al pie del talud. Tramos cubiertos parciales, sin cubrir la totalidad del tramo afectado. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: muy colmatado en tramos de material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 40 cm al pie del talud. Tramos cubiertos parciales, sin cubrir la totalidad del tramo afectado. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: moderado, con algunas acumulaciones de material deslizado.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Caídas y acumulaciones identificadas de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos hasta métricos hacia la calzada, favorecidas por afectar depósitos sueltos, con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de la continuidad de las obras de contención y sistema de drenaje a lo largo de todo el tramo de calzada afectada. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención de refuerzo a las existentes. Monitoreo y mantenimiento obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 27
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	09/11/2017		
Ubicación General:	Paraje La Estrechura, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°21'33,5"S.	69°41'08,1"O.	3.573 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	60-70°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de cono de talud mixto. Material depositado procedente del macizo rocoso superior. Depósitos con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos graníticos decimétricos hasta casi métricos envueltos en una matriz de limo-arenosa a arenosa de color castaño claro y de baja a muy baja consistencia. Macizo rocoso superior: granito de tamaño de grano medio, color rosado y muy duro del plutón Agua Negra, diaclasado, con tres familias principales de diaclasas (1.-subvertical, 2.-subvertical y 3.- subhorizontal, inclinando ligeramente hacia la ruta y a favor de pendiente) y afloramientos escarpados y abruptos.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos y hasta casi métricos observables a ambos lados de la calzada.		
Obras de Contención:	Muro de gavión simple (un módulo) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión (dimensiones: 100 x 100 cm) al pie del talud. Estado estructural: deformado por material deslizado. Estado de mantenimiento: muy colmatado en tramos por material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud. Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: parcialmente colmatado en tramos por material deslizado.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Caídas y acumulaciones identificadas de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos hasta casi métricos hacia la calzada, favorecidas por afectar depósitos sueltos, con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva.		

	<p>Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención de refuerzo a las existentes.</p> <p>Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.</p>
--	--

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 28
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	09/11/2017		
Ubicación General:	Paraje Ojos de Agua, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°21'27,0''S.	69°41'32,0''O.	3.639 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	30-50°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de cono de talud. Material depositado procedente del macizo rocoso superior. Depósitos con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos graníticos decimétricos hasta casi métricos envueltos en una matriz de limo-arenosa a arenosa de color castaño claro y de baja a muy baja consistencia. Macizo rocoso superior: granito de tamaño de grano medio, color rosado y muy duro del Plutón Agua Negra, diaclasado, con tres familias principales de diaclasas (1.-subvertical, 2.-subvertical y 3.- subhorizontal, inclinando ligeramente hacia la ruta y a favor de pendiente) y afloramientos en grandes escarpes y abruptos.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos y hasta casi métricos observables a ambos lados de la calzada.		
Obras de Contención:	Muro de gavión escalonado de dos módulos de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión (dimensiones máx.: 250 x 200 cm). Estado estructural: bueno. Estado de mantenimiento: buenos, sin colmatar de material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y buen estado de mantenimiento en general (algunas acumulaciones puntuales de material deslizado).		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Caídas y acumulaciones identificadas de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos hasta casi métricos hacia la calzada, favorecidas por afectar depósitos sueltos, con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención de refuerzo a las existentes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 29
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Paraje Ojos de Agua, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°21'20,1''S.	69°42'12,3''O.	3.713 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	30-50°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de cono de talud. Material depositado procedente del macizo rocoso superior. Depósitos con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos graníticos decimétricos hasta casi métricos envueltos en una matriz de limo-arenosa a arenosa de color castaño claro y de baja a muy baja consistencia. Macizo rocoso superior: granito de tamaño de grano medio, color rosado y muy duro del Plutón Agua Negra, diaclasado, con tres familias principales de diaclasas (1.-subvertical, 2.-subvertical y 3.- subhorizontal, inclinando ligeramente hacia la ruta y a favor de pendiente) y afloramientos en grandes escarpes y abruptos.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos y hasta casi métricos observables a ambos lados de la calzada.		
Obras de Contención:	Muro de gavión simple (un módulo) de piedra decimétrica y malla galvanizada hexagonal de doble torsión (dimensiones: 100 x 100 cm) al pie del talud. Estado estructural: deformado por bloques graníticos decimétricos deslizados. Estado de mantenimiento: colmatado por material deslizado.		
Sistema de Drenaje:	Cuneta longitudinal hormigonada de profundidad 45 cm al pie del talud, en buen estado estructural y moderado estado de mantenimiento (en algún tramo colmatado por material deslizado).		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Caídas y acumulaciones identificadas de clastos y bloques angulosos graníticos de diámetros decimétricos hasta casi métricos hacia la calzada, favorecidas por afectar depósitos sueltos, con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva.		

	<p>Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención de refuerzo a las existentes.</p> <p>Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.</p>
--	--

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 30
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Paraje Morros Amarillos, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°20'56,3"S.	69°42'37,4"O.	3.746 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	50º
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos mal seleccionados con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos volcánicos subangulosos centimétricos y decimétricos envueltos en abundante matriz sostén limo arenosa de color pardo claro y de baja a muy baja consistencia. Origen: macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado), brechificado y meteorizado. Afloramiento en grandes escarpes y abrupto. Rocas: andesita de color gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi y volcanita de colores claros y muy dura del Grupo Olivares.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Depósitos levemente consolidados con acumulación de clastos subangulosos decimétricos sobre el mismo talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos subangulosos decimétricos a baja velocidad al pie del talud, sin llegar a la calzada. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento del tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 31
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Paraje El Arenal, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°19'30,1''S.	69°44'50,1''O.	3.834 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	20-30°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de relleno de valle de curso de agua tributario menor (arroyo San Javier o arroyo de La Pirca) con rocas y bloques irregulares y cúbicos de orden decimétrico y métrico, sin ninguna matriz sostén, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado) y ligeramente meteorizado. Afloramiento escarpado y abrupto. Roca: andesita de color gris claro a blanquecino y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie de la ladera, atravesando también la calzada.		
Evidencias de Inestabilidad:	Procesos de arrastre y acumulación de rocas y bloques irregulares y cúbicos de orden decimétrico y métrico al pie de la ladera. Flujo de agua en corona, intermedio y al pie de la ladera, atravesando también la calzada. Existencia de alcantarilla de paso dispuesta transversalmente al trazado de la ruta que induce separación del material fino (orden centimétrico) y del material más grueso (orden decimétrico hasta métrico) a un lado y otro de la calzada.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: alcantarilla de paso metálica flexible. Material: chapa acanalada de acero galvanizado. Diámetro de abertura: 90 cm. Espesor del relleno sobre la alcantarilla: 40-50 cm. Estado de mantenimiento: moderado.		
Riesgo:	Alto.		
Caracterización del Riesgo:	Procesos de arrastre de rocas y bloques irregulares y cúbicos de orden decimétrico y métrico hacia la calzada. Potencial obstrucción de la alcantarilla por bloques de orden métrico y potencial colapso de la estructura por socavación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación del redimensionado de la alcantarilla en cuanto a su diámetro (diámetro mínimo necesario para el paso de bloques métricos) y en cuanto al espesor del relleno sobre la misma (espesor mínimo de 60 cm). Monitoreo y mantenimiento de la obra de drenaje y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 32
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Paraje El Arenal, Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°19'19,6"S.	69°44'56,9"O.	3.836 m s. n. m.



Tipo:	Talud natural.	Pendiente:	50-70°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso fracturado (diaclasado) en bloques columnares, tabulares e irregulares de orden decimétrico y métrico y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Las superficies inferiores y expuestas del macizo rocoso se encuentran muy erosionadas, dando a estas superficies un efecto de pulido, por la acción erosiva del hielo en épocas glaciares y del agua de las nacientes del mismo lado del valle. Roca: andesita de color negro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída de rocas irregulares de orden decimétrico al pie del talud y caída de algunos bloques irregulares de orden casi métrico al otro lado de la calzada. Basculamiento sobre el talud de bloques columnares de orden métrico.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas irregulares de orden decimétrico y bloques rocosos columnares de orden métrico hacia la calzada. La distancia del pie del talud con respecto a la calzada minimiza en parte el riesgo.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 33
---------------------------------------	---------------

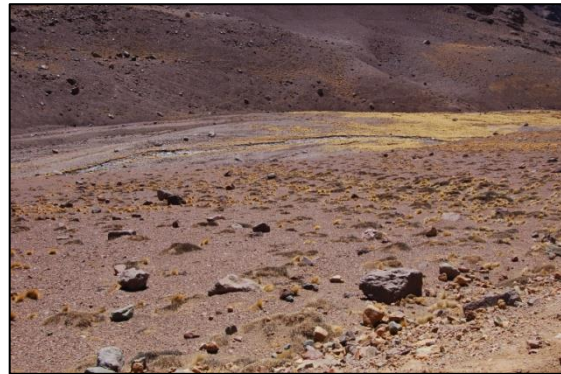
Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°16'38,6"S.	69°47'17,0'O.	4.054 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	20-30°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de relleno de valle de curso de agua tributario menor con rocas y bloques irregulares y cúbicos de orden decimétrico y hasta casi métrico, sin ninguna matriz sostén, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado) y ligeramente meteorizado. Afloramiento escarpado y abrupto. Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Procesos de arrastre y acumulación de rocas y bloques irregulares y cúbicos de orden decimétrico y hasta casi métrico al pie de la ladera. Flujo de agua estacional en corona, intermedio y al pie de la ladera, atravesando también la calzada.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: alcantarilla de paso artesanal. Material: piedra de mampostería y en la parte superior chapa acanalada de acero galvanizado. Dimensiones de abertura: 60 x 60 cm. Espesor del relleno sobre la alcantarilla: de un lado de la ruta 40-50 cm, del otro inexistente. Estado estructural: precario. Estado de mantenimiento: parcialmente obstruida.		
Riesgo:	De moderado a alto.		
Caracterización del Riesgo:	Procesos de arrastre de rocas y bloques irregulares y cúbicos de orden decimétrico y hasta métrico hacia la calzada. Potencial obstrucción de la alcantarilla por bloques de orden métrico y potencial colapso de la estructura por socavación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación del rediseño y redimensionado de la alcantarilla en cuanto a materiales de construcción a emplear, su diámetro (diámetro mínimo necesario para el paso de posibles bloques métricos) y en cuanto al espesor del relleno sobre la misma (espesor mínimo de 60 cm). Monitoreo y mantenimiento de obra de drenaje y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 34
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°18'54,5"S.	69°45'21,1"O.	3.863 m s. n. m.
Tramo:	30°17'49,2"S.	69°46'37,3"O.	3.976 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	20-35°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de remoción en masa, con caída de rocas y bloques cúbicos de orden decimétrico a métrico, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos e irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Afloramiento en grandes escarpes y abrupto. Roca: andesita de color gris claro a blanquecino y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída de rocas de orden decimétrico y caída de bloques cúbicos e irregulares de orden métrico hacia la calzada. Deslizamiento en masa identificado sobre la ladera (ver foto).		
Obras de Contención:	Conjunto de zanja y berma de contención no hormigonadas de profundidad/altura 45 cm al pie de la ladera.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada no hormigonada de profundidad 45 cm al pie de la ladera.		
Riesgo:	Alto.		
Caracterización del Riesgo:	Potenciales caídas (e identificadas) de bloques rocosos cúbicos e irregulares de orden métrico hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención suplementarias a las existentes. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 35
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	11/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°17'03,3"S.	69°47'00,2"O.	4.029 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos mal seleccionados y con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos subangulosos centimétricos y decimétricos (diámetros hasta 50-60 cm, sin presencia de grandes bloques) volcánicos envueltos en una matriz de limosa a limo-arenosa de color de castaño claro a colores amarillentos y de baja a muy baja consistencia. Origen: macizo rocoso superior, intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Desprendimiento y caída de material blando limoso en agregados decimétricos hasta casi métricos hacia la calzada.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial desprendimiento y caída de material blando limoso en agregados decimétricos hasta casi métricos hacia la calzada y a baja velocidad.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de sistema de drenaje longitudinal acorde. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 36
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Cruce del arroyo San Lorenzo con la ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°16'04,8''S.	69°47'43,9''O.	4.092 m s. n. m.



Tipo:	Talud en relleno.	Pendiente:	40-50°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Terraplén artificial realizado en material de relleno con muy bajo grado de consolidación y compactación y formado fundamentalmente por piedra suelta de diámetros decimétricos.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie del cauce, atravesando también la calzada.		
Evidencias de Inestabilidad:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie del cauce, atravesando también la calzada. Compactación y deslizamiento identificado del material de relleno.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: alcantarilla de paso metálica flexible. Material: chapa acanalada de acero galvanizado. Diámetro de abertura: 90cm. Espesor del relleno sobre la alcantarilla: 30-40 cm. Estado estructural: malo. Estado de mantenimiento: sin obstrucciones.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Procesos de arrastre de clastos de orden centimétrico y decimétrico encauzados por el curso de agua hacia la calzada. Potencial obstrucción de la alcantarilla por el material de arrastre y potencial colapso de la estructura por socavación.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación del redimensionado de la alcantarilla en cuanto a su diámetro (diámetro mínimo necesario para el paso de importantes flujos de agua con material de arrastre en épocas torrenciales y/o deshielos) y en cuanto al espesor del relleno sobre la misma (espesor mínimo de 60 cm). Monitoreo y mantenimiento de obra de drenaje y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 37
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Paraje Los Corrales, ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°15'06,4''S.	69°47'16,3''O.	4.181 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	60-70°
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósito de deslizamiento y/o flujo de detritos. Depósito mal seleccionado, con bajo grado de consolidación y compactación, formado por clastos angulosos centimétricos y decimétricos (diámetros medios: 5-20 cm) volcánicos dispuestos caóticamente y envueltos en abundante matriz limosa de color pardo a colores amarillentos y de baja consistencia. Origen: macizo rocoso superior, intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos subangulosos decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento del tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 38
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Prox. al Paraje Los Corrales, ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas N° 055:	30°14'58,2"S.	69°47'19,3"O.	4.187 m s. n. m.
Coordenadas N° 056:	30°14'46,4"S.	69°47'21,9"O.	4.205 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	75-80°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Macizo rocoso fracturado (diaclasado) en bloques cúbicos de orden decimétrico y métrico y no meteorizado (fresco). Roca: andesita de color de gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi. Varias familias de diaclasas, tres familias de diaclasas principales y otras menores. Familia Diaclasas I (subvertical): orientación 83°/174; espaciados separados (1.200 a 1.700 mm); continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 4 m); aberturas de moderadamente anchas a anchas (8 a 15 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas II (subvertical): orientación perpendicular a las diaclasas de la familia I e inclinando ligeramente a favor de pendiente y hacia el trazado de la ruta; espaciados separados (1.200 a 1.700 mm); continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 4 m); aberturas de moderadamente anchas a anchas (8 a 15 mm); superficies de planas a onduladas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas III (subhorizontal): orientación 6°/212; espaciados separados (800 a 1.000 mm); continuidades o persistencias bajas (1 a 2 m); aberturas de anchas a muy anchas (10 a 30 mm); superficies de planas a ligeramente onduladas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Sobre el talud rocoso, depósitos de cono de talud. Origen: macizo rocoso superior (Grupo Choiyoi, con las mismas características descritas). Depósitos mal seleccionados, con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos volcánicos decimétricos y matriz arenosa de color pardo rojizo y de baja a muy baja consistencia.</p>		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de	Basculamiento de bloques cúbicos de orden métrico sobre el talud rocoso.		

Inestabilidad:	Vuelco y caída reciente de bloque cúbico de orden métrico procedente del talud rocoso hacia la calzada.
Obras de Contención:	Ausentes.
Sistema de Drenaje:	Ausente.
Riesgo:	De moderado a alto.
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de bloques cúbicos decimétricos y métricos del talud rocoso hacia la calzada. Potenciales caídas de clastos decimétricos hacia la calzada procedentes de los depósitos de cono de talud superiores.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención en la parte superior del talud y sobre el mismo. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 39
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°14'33,0"S.	69°47'21,7"O.	4.219 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	75-80°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Macizo rocoso intensamente fracturado (diaclasado) en bloques columnares de orden decimétrico y métrico y no meteorizado (fresco). Roca: andesita de color gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi. Varias familias de diaclasas, dos familias de diaclasas principales y otras menores. Familia Diaclasas I (subvertical): orientación 82°/210; espaciados separados (1.200 a 1.700 mm); continuidades o persistencias de bajas a medias (2 a 4 m); aberturas de abiertas a moderadamente anchas (2 a 8 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas II (subhorizontal): orientación 10°/240; espaciados separados (800 a 1.000 mm); continuidades o persistencias bajas (1 a 2 m); aberturas de abiertas a moderadamente anchas (2 a 8 mm); superficies de planas a ligeramente onduladas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua.</p> <p>Sobre el talud rocoso, depósitos de cono de talud. Origen: macizo rocoso superior (Grupo Choiyoi, con las mismas características descritas). Depósitos mal seleccionados, con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos volcánicos decimétricos (diámetros 30-50 cm) y matriz arenosa de color pardo rojizo y de baja a muy baja consistencia.</p>		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Basculamiento de bloques columnares de orden métrico sobre el talud rocoso.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	De bajo a moderado.		
Caracterización del Riesgo:	<p>Potencial caída de rocas de orden decimétrico y hasta posibles bloques columnares de orden métrico del talud rocoso hacia la calzada.</p> <p>Potenciales caídas de clastos decimétricos procedentes de los depósitos de cono de talud superiores hacia la calzada.</p>		
Recomendaciones:	<p>Instalación de señalización vial preventiva.</p> <p>Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención en la parte superior del talud y sobre el mismo.</p> <p>Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.</p>		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 40
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°14'06,4''S.	69°47'22,1''O.	4.246 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	68°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial activo. Depósitos con grosera estratificación y con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos subangulosos centimétricos y decimétricos (diámetros 5-25 cm) volcánicos envueltos en una matriz sostén de limo-arenosa a arenosa de color pardo rojizo y de baja a muy baja consistencia. Origen: macizo rocoso superior, intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie del talud, atravesando también la calzada.		
Evidencias de Inestabilidad:	Acumulación de clastos subangulosos decimétricos al pie del talud. Flujo de agua en corona, intermedio y al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos subangulosos decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento del tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 41
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°13'36,0"S.	69°47'29,6"O.	4.286 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	28°
Condición:	Talud estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de abanico aluvial. Depósitos mal seleccionados con bajo a muy bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos subangulosos centimétricos y decimétricos (diámetros 7-25 cm) volcánicos envueltos en una matriz sostén arenosa de color pardo rojizo y de baja a muy baja consistencia. Origen: macizo rocoso superior, intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Afloramiento suavizado. Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos subangulosos decimétricos hacia la calzada y a baja velocidad. Potencial flujo de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades en el caso de reactivación del abanico aluvial por precipitaciones intensas.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento del tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 42
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°12'30,2''S.	69°47'55,8''O.	4.372 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	20°
Condición:	Ladera estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Área afectada por acción glaciaria y criogénica con reptación de rocas de orden centimétrico y decimétrico (30-90 cm). Depósitos mal seleccionados de clastos angulosos, sueltos y sin matriz sostén. Origen: macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Afloramiento reducido en extensión y suavizado en relieve. Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua canalizado a través de zanja excavada al pie de la ladera.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Berma longitudinal no hormigonada de altura 75 cm al pie de la ladera.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada no hormigonada de profundidad 75 cm al pie de la ladera.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 43
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Prox. al paraje La Olla, ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°11'32,4"S.	69°48'10,3"O.	4.460 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	40º
Condición:	Ladera estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Área afectada por acción glaciaria y criogénica con reptación de rocas de orden centimétrico y decimétrico (30-90 cm). Depósitos mal seleccionados de clastos angulosos, sueltos y sin matriz sostén. Origen: macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Afloramiento en grandes escarpes y abruptos. Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Húmedo al pie de la ladera. Derretimiento incipiente de campos de penitentes de hielo que cubren de forma parcial la superficie afectada.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Zanja longitudinal excavada de profundidad 45 cm y berma no hormigonadas, al pie del talud.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 44
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	10/11/2017		
Ubicación General:	Prox. al paraje La Olla, ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°11'46,8''S.	69°48'12,5''O.	4.473 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	40-42°
Condición:	Ladera estable.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Área afectada por acción glaciaria y criogénica con reptación de rocas de orden centimétrico y decimétrico (diámetros máx. de 40-50 cm). Depósitos mal seleccionados de clastos angulosos, sueltos y sin matriz sostén. Origen: macizo rocoso superior intensamente fracturado (diaclasado) en bloques irregulares, brechificado y ligeramente meteorizado (decolorado en superficie). Roca: andesita de color gris claro a violáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Húmedo al pie de la ladera. Derretimiento incipiente de campos de penitentes de hielo que cubren de forma parcial la superficie afectada.		
Evidencias de Inestabilidad:	No observadas.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Bajo.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de sistema de drenaje longitudinal acorde. Monitoreo y mantenimiento de obra a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 45
---------------------------------------	---------------

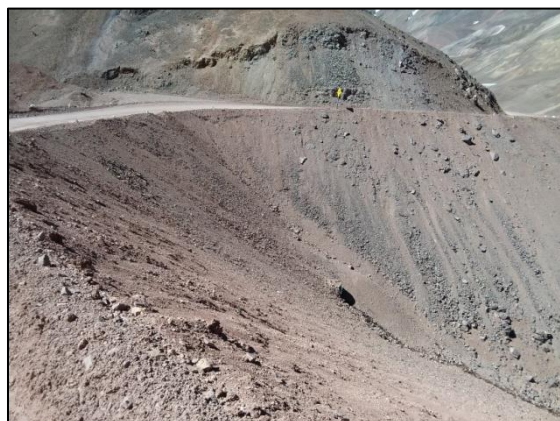
Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°11'59,1"S.	69°48'22,9"O.	4.485 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	20-30°
Condición:	Ladera con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de relleno de valle de curso de agua tributario menor con clastos subangulosos de orden centimétrico (alguno decimétrico), sin matriz sostén, procedentes del macizo rocoso superior. Macizo rocoso superior intensamente fracturado, brechificado y meteorizado. Afloramiento escarpado y abrupto. Roca: andesita de color gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie de la ladera, atravesando también la calzada.		
Evidencias de Inestabilidad:	Procesos de arrastre de clastos de orden centimétrico (alguno decimétrico) hacia la calzada. Flujo de agua en corona, intermedio y al pie de la ladera, atravesando también la calzada.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: ausente, flujo de agua directo sobre la superficie de la calzada.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad de la ladera. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos centimétricos (algunos decimétricos) hacia la calzada y a baja velocidad. Potenciales flujos y/o crecidas de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades provocado por precipitaciones o procesos de deshielo intensos.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de drenaje transversal a la calzada acorde a los procesos descritos. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones o deshielos intensos que puedan provocar flujos y/o crecidas con importantes arrastres de material.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 46
---------------------------------------	---------------

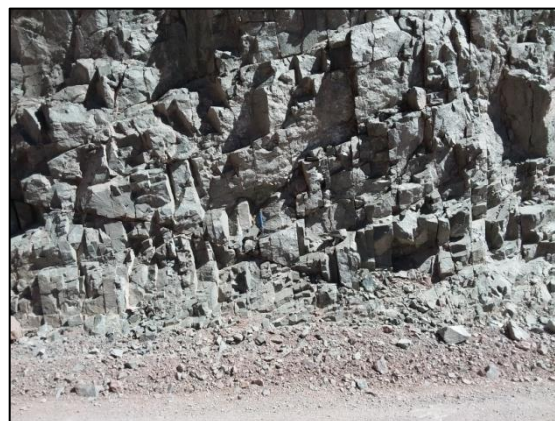
Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°12'13,9"S.	69°48'21,3"O.	4.501 m s. n. m.



Tipo:	Talud en relleno.	Pendiente:	50-60°
Condición:	Talud con deslizamiento identificado.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Terraplén artificial realizado en material de relleno con muy bajo grado de consolidación y compactación y formado por una mezcla de arena de tamaño de grano medio y piedra decimétrica.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona y al pie del talud.		
Evidencias de Inestabilidad:	Flujo de agua en corona y al pie del talud. Deslizamiento identificado del material de relleno sobre alcantarilla de paso.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: alcantarilla de paso obstruida por material deslizado del talud. Sin acceso a especificaciones.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial colapso de la estructura debido a fenómenos de socavación.		
Recomendaciones:	Limpieza de la obra de drenaje y evaluación de su dimensionado y su estado. Acondicionamiento de obra, incluyendo compactación y espesores del relleno adecuados. Instalación de señalización vial preventiva. Monitoreo y mantenimiento de obra asociada y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 47
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°12'45,7"S.	69°47'59,7"O.	4.550 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado en bloques tabulares e irregulares angulosos decimétricos (alguno casi métrico), brechificado y meteorizado, consecuencia de los efectos de los intensos procesos criogénicos a los que se encuentra sometido, en especial los efectos de crioclastismo. Roca: andesita de color de gris claro a verde grisáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída y acumulación de rocas de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud. Basculamiento de bloques de orden casi métrico sobre el talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades. Potencial caída y vuelco de bloques decimétricos de mayores dimensiones hasta casi métricos hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y sistema de drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 48
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°13'07,4''S.	69°47'53,1''O.	4.565 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado en bloques irregulares angulosos decimétricos (alguno casi métrico), brechificado y meteorizado, consecuencia de los efectos de los intensos procesos criogénicos a los que se encuentra sometido, en especial los efectos de crioclastismo. Roca: andesita de color de gris claro a verde grisáceo y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud. Bascamiento de bloques de orden casi métrico sobre el talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades. Potencial caída y vuelco de bloques decimétricos de mayores dimensiones hasta casi métricos hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y sistema de drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 49
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°13'18,0"S.	69°47'51,6"O.	4.576 m s. n. m.
Tramo:	30°13'26,4"S.	69°47'55,8"O.	4.585 m s. n. m.



Tipo:	Taludes en corte.	Pendiente:	60-75°
Condición:	Taludes con deslizamientos identificados.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado en bloques irregulares angulosos decimétricos, brechificado y meteorizado, consecuencia de los efectos de los intensos procesos criogénicos a los que se encuentra sometido, en especial los efectos de crioclastismo. Roca: andesita de color gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Acumulaciones de rocas de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades. Potencial caída y vuelco de bloques decimétricos de mayores dimensiones hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y sistema de drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y calzada.		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 50
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°13'27,8''S.	69°48'07,4''O.	4.590 m s. n. m.



Tipo:	Talud en corte.	Pendiente:	70-80°
Condición:	Talud con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	<p>Macizo rocoso fracturado (diaclasado) en bloques columnares de orden métrico y ligeramente meteorizado (decolorado). Roca: andesita de color verde grisáceo y dura del Grupo Choiyoi. Tres familias de diaclasas principales. Familia Diaclasas I (subvertical): orientación 87°/202, inclinando a favor de pendiente y a favor del trazado de la ruta; espaciados de juntos a moderadamente juntos (110 a 320 mm, la mayoría, algunos espaciados de hasta 400 mm); continuidades o persistencias medias (3 a 5 m); aberturas de abiertas a moderadamente anchas (2 a 10-20 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas II (subvertical): orientación 76°/125; espaciados moderadamente juntos (260 a 450 mm, la mayoría, algunos espaciados de hasta 700 mm); continuidades o persistencias medias (3 a 5 m); aberturas de abiertas a anchas (2 a 20-30 mm); superficies planas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua. Familia Diaclasas III (subhorizontal y de 2º orden): orientación 15°/042; espaciados separados (1.500 a 1.700 mm); continuidades o persistencias bajas (1 a 3 m); aberturas de abiertas a moderadamente anchas (milimétricas, la mayoría, hasta 10-20 mm); superficies onduladas y lisas; sin relleno; juntas secas, sin evidencia de agua.</p>		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caída de rocas de orden decimétrico al pie del talud. Basculamiento de bloques de orden métrico sobre el talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Moderadamente alto.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de bloques rocosos columnares de orden métrico hacia la calzada. La tipología de las diaclasas del macizo rocoso favorece la formación de bloques de dimensiones de hasta 1,70x0,45m. Los planos de la Familia Diaclasas I actúan como planos de deslizamientos ante la potencial de caída de bloques hacia la calzada.		
Recomendaciones:	<p>Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y tramo de calzada.</p>		

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD	Nº: 51
---------------------------------------	---------------

Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas:	30°13'35,9"S.	69°48'25,6"O.	4.627 m s. n. m.



Tipo:	Ladera natural.	Pendiente:	60-70°
Condición:	Ladera con potencial deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Depósitos de glaciar de rocas activo. Depósitos sueltos, mal seleccionados, con bajo grado de consolidación y compactación, formados por clastos angulosos volcánicos centimétricos y decimétricos y sin matriz sostén, procedentes de los macizos rocosos superiores. Afloramientos de los macizos rocosos en grandes escarpes y abrupto. Rocas: andesita de color gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi y volcánita de colores claros y muy dura del Grupo Olivares.		
Cond. de Saturación:	Flujo de agua en corona, intermedio y al pie de la ladera. Saturado, con flujos de agua en el interior de la ladera. La geoforma asociada a estos depósitos contiene en su interior hielo de manera intersticial o masiva que se congela y descongela estacionalmente.		
Evidencias de Inestabilidad:	Procesos de arrastre y acumulación de clastos centimétricos y decimétricos al pie de la ladera. Flujo de agua en corona, intermedio y al pie de la ladera. Flujos de agua en el interior de la ladera.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Drenaje longitudinal a la calzada: ausente. Drenaje transversal a la calzada: zanja excavada con desvío del flujo de agua.		
Riesgo:	Bajo, en cuanto a la estabilidad del talud. Alto, en cuanto a la dinámica de la geoforma asociada.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de clastos decimétricos y centimétricos a baja velocidad hacia la calzada.		

	Potenciales flujos de agua y detritos de orden decimétrico a altas velocidades provocado por precipitaciones o procesos de deshielo intensos.
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de drenaje transversal a la calzada acorde a los procesos descritos. Monitoreo y mantenimiento de obras asociadas (y a asociar, en caso de aplicar) y tramo de calzada. Monitoreo y alerta temprana ante episodios de precipitaciones intensas o subidas repentinas de temperatura que puedan provocar flujos y/o deshielos con importantes arrastres de material hacia la calzada.

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUD			Nº: 52
Fecha de Inspección:	17/01/2018		
Ubicación General:	Ruta nacional 150, San Juan, Argentina.		
Coordenadas	30°13'27,2''S.	69°48'12,7''O.	4.634 m s. n. m.
Tramo:	30°13'19,0''S.	69°47'55,9''O.	4.647 m s. n. m.



Tipo:	Taludes en corte.	Pendiente:	60-75°
Condición:	Talud con potencialmente deslizamiento.		
Naturaleza y Caracterización del Material:	Macizo rocoso intensamente fracturado en bloques tabulares e irregulares angulosos decimétricos, brechificado y meteorizado, consecuencia de los efectos de los intensos procesos criogénicos a los que se encuentra sometido, en especial los efectos de crioclastismo. Algunos planos de diaclasamiento inclinados a favor de pendiente y a favor del trazado de la ruta. Roca: andesita de color gris claro y muy dura del Grupo Choiyoi.		
Cond. de Saturación:	Seco.		
Evidencias de Inestabilidad:	Caídas y pequeñas acumulaciones de rocas de orden centimétrico y decimétrico al pie del talud.		
Obras de Contención:	Ausentes.		
Sistema de Drenaje:	Ausente.		
Riesgo:	Moderado.		
Caracterización del Riesgo:	Potencial caída de rocas de orden centimétrico y decimétrico hacia la calzada y a bajas velocidades. Potencial caída y vuelco de bloques decimétricos de mayores dimensiones hacia la calzada.		
Recomendaciones:	Instalación de señalización vial preventiva. Evaluación de necesidad de instalación de obras de contención y sistema de drenaje longitudinal acordes. Monitoreo y mantenimiento de obras a asociar (de aplicar) y calzada.		