

# Estabilización de desmonte inestable en Ruta Nacional N° 150 - San Juan - Argentina

**Pablo Girardi Mancini**

*Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña.*

*Facultad de Ingeniería.*

*Universidad Nacional de San Juan (Argentina)*

La Ruta Nacional 150 forma parte del denominado Corredor Bioceánico Central que unirá Porto Alegre en Brasil con el puerto de Coquimbo en Chile, atravesando toda la Argentina. Esta vía (de 389 km de longitud, de los que 303 km pertenecen a la provincia de San Juan) finaliza en el límite internacional con Chile en el Paso de Agua Negra, donde se emplazará el Túnel Internacional Paso de Agua Negra (a 3800 msnm) de 14 km de longitud,

lo que la convertirá en una de las principales vías terrestres de tránsito de mercaderías del Mercosur desde los puertos chilenos hacia los mercados asiáticos.

El trazado de la Ruta 150 tiene un recorrido sinuoso con seis túneles y once puentes, algunos de tipo arco, y ha demandado una fuerte inversión económica. El desarrollo de la obra significó un gran desafío profesional, técnico y económico. En algunos tra-

mos hubo que partir sin tener siquiera una huella existente, como el caso de la Quebrada de la Peña, sector donde se desarrollaron las actividades descritas en este artículo (ver Figura 1), explorando montañas y quebradas con acceso solo a pie para definir la traza.

Otra de las innovaciones fue el uso de mallas y barreras dinámicas. Estos sistemas europeos de seguridad en caminos de montaña nunca se habían utilizado antes en nuestro país.

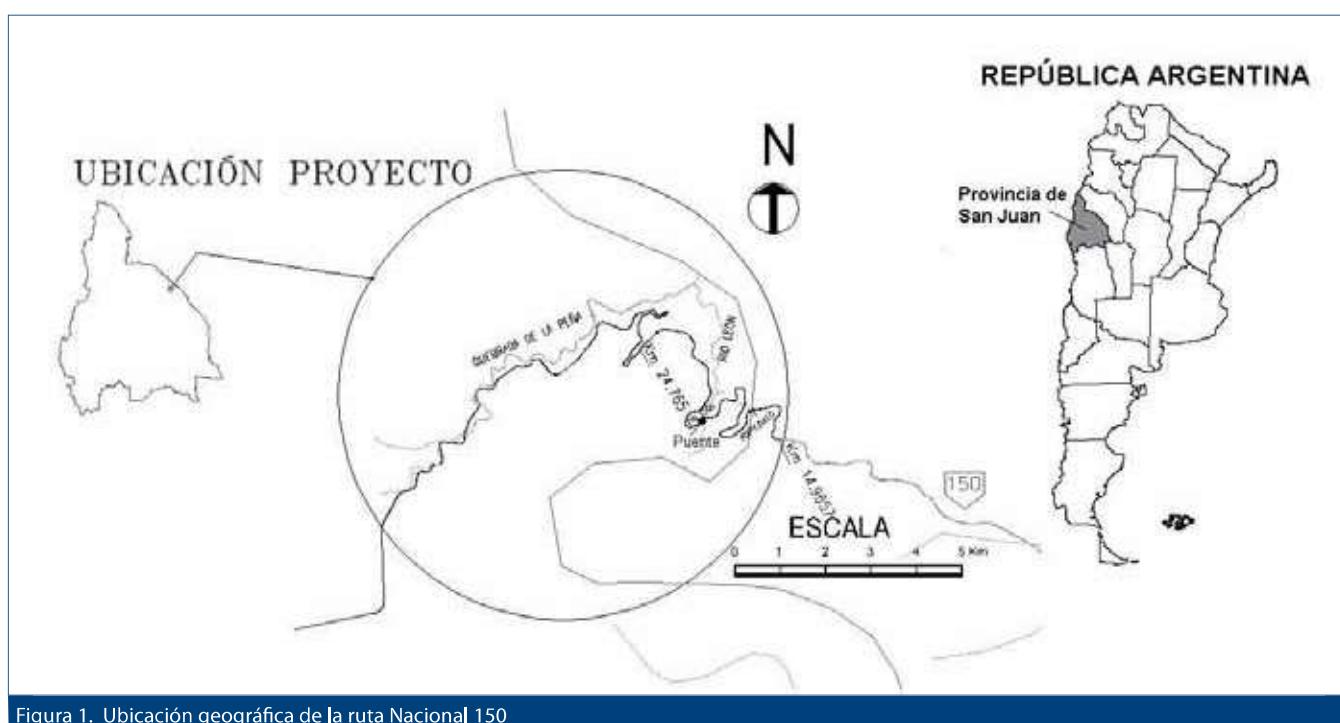




Figura 2. Vista del contratalud 16700 hacia progresivas decrecientes con los dos deslizamientos resaltados

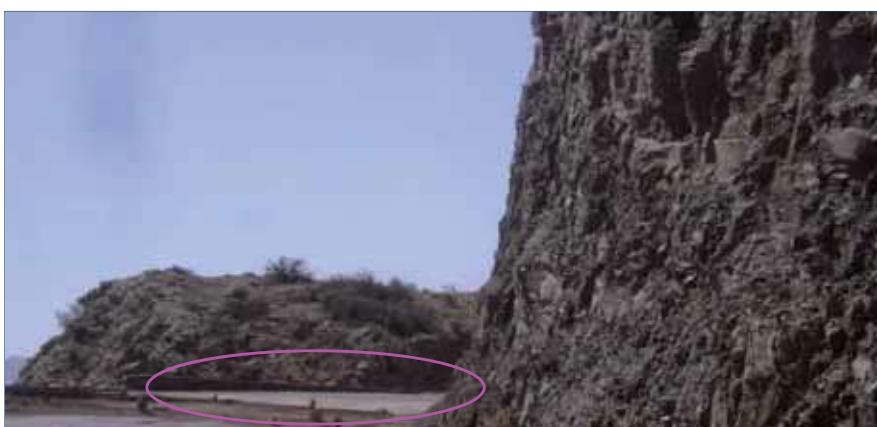


Figura 3. Vista hacia progresivas decrecientes del muro 18 desde macizo de progresiva 16 700. Resaltado el muro N° 18



Figura 4. Vista hacia progresivas crecientes desde el muro 18 del corte cajón del macizo en progresiva 16 700, resaltado el lado derecho del mismo. Este muro N° 18 impide correr libremente el eje del camino hacia la derecha

Su utilización minimiza los accidentes en caminos de montaña por desprendimiento de rocas, dando más seguridad a quienes lo transitan. Las barreras dinámicas son estructuras flexibles que absorben el impacto de las rocas cuando se desprenden.

Algo muy destacable en toda la obra es el exhaustivo control ambiental, que parte del concepto de desarrollo sostenible y propicia la preservación de la calidad del aire, agua y suelo, además de la flora y fauna existente en la zona. Cabe indicar que el trazado de la ruta corre contiguo al Parque Provincial Ischigualasto, declarado Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO; por lo tanto, las técnicas de voladura con precorte y el monitoreo del medioambiente fueron motivo de constante cuidado para mitigar el impacto al ecosistema de la zona.

En el marco del seguimiento de la obra de construcción de la Ruta Nacional 150, tramo Ischigualasto - Río Bermejo, se observaron derrumbes en un contratalud excavado en lutitas meteorizadas, de más de 35 m de altura en la progresiva 16 700, a principios de año 2011.

Este contratalud se encontraba excavado de acuerdo a las pautas indicadas en el proyecto original, inclinación 1H:3V con berma única de 3 m a los 10 m. A poco de construido se produjeron en el mismo dos deslizamientos en masa, aparentemente sin influencia externa. El primero de ellos por encima de la berma, en la parte más alta del contratalud; el segundo estaba localizado poco después del anterior, en el sentido de las progresivas crecientes, al pie del contratalud, según se aprecia resaltado en la Figura 2.

## 1. Análisis previos

Se consideró inicialmente la posibilidad de modificar el trazado entre las progresivas extremas del sector, para alejarlo del cerro. En esa hipótesis, el muro de contención N° 18, situado en progresiva 16 600, debería ser reconstruido o abandonado (ver Figuras 3 y 4).

# Rutas Divulgación

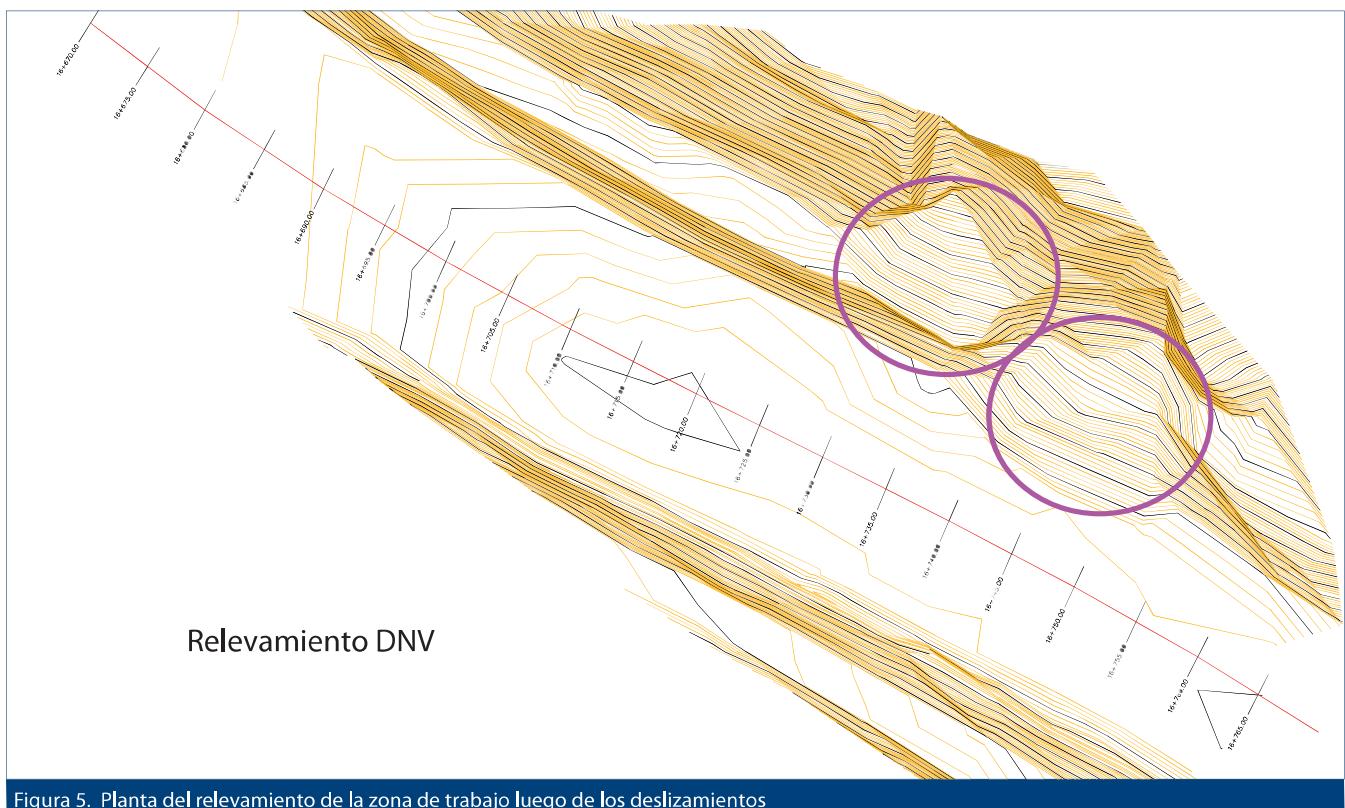


Figura 5. Planta del relevamiento de la zona de trabajo luego de los deslizamientos

Por lo demás, el corrimiento del eje del camino no eximiría la necesidad de modificar la inclinación de los contraludes que han sufrido deslizamientos, por razones de seguridad.

En una segunda propuesta se consideró el desplazamiento del contratalud de la progresiva 16 700, unos 3 m para adentro del macizo, con lo que el contratalud se alejaría del camino, de la misma manera que se podría alejar el camino del macizo. Asociada esta segunda propuesta a una rectificación del perfil de proyecto, más marcado encima de la berma para mejorar su estabilidad.

## 2. Procedimiento

En consecuencia, con la segunda propuesta se plantea una modificación del contratalud construido. Se propone una solución mixta que persigue dos objetivos:

- retirar el contratalud –hacia adentro del cerro- del borde interno del arcén, a fin de alejar el peligro de caída de rocas sobre la calzada, y
  - modificar el ángulo de corte del contratalud para aumentar la estabilidad del desmonte frente a la

posibilidad de ocurrencia de nuevos deslizamientos.

Respecto del primer objetivo se propone desplazar el pie del contratalud 3 metros hacia el interior del macizo, a todo lo largo del sector que se analiza (entre las progresivas 16 660 y 16 790). En relación con el segundo, la propuesta final consiste en construir contrataludes de 2V:1H para los primeros 10 metros y para la parte superior una excavación de 1V: 1H con bermas de 5 metros de ancho cada 10 metros.

## 2.1 Relevamiento topográfico y estudio geológico.

En la Figura 5 se muestra el relevamiento del contratralud provisto por Vialidad Nacional, con los deslizamientos remarcados en ella, y en la Figura 6 una vista en detalle del material recién deslizado del contratralud.

Respecto a la geología del macizo existente en la progresiva 16 700, una vez acaecidos los deslizamientos, se puede destacar la siguiente información:

- Se observan predominantemente bancos de limolitas carbonosas la-

minadas, intercaladas con estratos de areniscas verdes de grano muy fino. Este conjunto litológico forma un macizo muy estratificado, meteorizado y fracturado, afectando a todo el frente del contratalud.

- Se detectaron cuatro familias de discontinuidades que originan bloques y aumentan las probabilidades de deslizamiento con los trabajos de excavación y la influencia climática.
  - Las características que presentan los materiales: alternancia litológica, intensidad de fracturación y elevado ángulo del contratralud, provocan una progresiva abertura de las fracturas, producto de la descompresión, pérdida de humedad y acción de agentes climáticos.

## 2.2 Cálculo de cohesión y fricción interna por retroanálisis.

Para poder realizar la verificación de estabilidad de la nueva propuesta constructiva se ha procurado, a partir de la geometría expuesta de la superficie de falla, estimar por retroanálisis los valores

de cohesión y fricción interna que puedan haber actuado en el momento de la falla en el desmonte construido con los contrataludes de proyecto, en estado de equilibrio límite. Para ello se ha utilizado un software EIC-E02 de verificación de estabilidad de taludes elaborado por la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (EICAM) de la Universidad Nacional de San Juan, que considera la resistencia al corte no lineal de macizos rocosos diaclasados. El análisis para este caso se hace considerando sólo cargas estáticas.

En base a la información geológica del macizo existente se escogió el perfil de la progresiva 16 730 por ser el más representativo del deslizamiento y se realizó una verificación de estabilidad por el método de Bishop, por adecuarse la circular a la forma de falla observada. Este análisis se realizó con factor de seguridad igual a uno y adoptando uno de los dos parámetros resistentes. Se observa en Figura 7 esta sección y la línea circular que esquematiza la de rotura.

Se estimaron por retrocálculo una cohesión de 0,036 MPa y una fricción de  $28^\circ$ , usando los programas elaborados por la EICAM. El análisis para este caso se hace considerando sólo cargas estáticas, que son las que estuvieron presentes en el momento del deslizamiento.

### 2.3 Verificación de la nueva propuesta constructiva.

A partir de los valores calculados por retrocálculo, que resultaron ser cohesión de 0,036 MPa y fricción  $\phi$  de  $28^\circ$ , se realizaron tanteos para nuevas geometrías de contratalud, con y sin la consideración de sismo (en la Figura 8 se puede ver el mapa con zonificación sísmica de la República Argentina).

El proyecto en cuestión se encuentra emplazado en zona 3 considerada de riesgo elevado. Corresponde un coeficiente zonal  $F_0 = 0,10$  g con lo que resulta para los cálculos un factor sísmico vertical  $F_v$  y un factor sísmico horizontal equivalente a  $2 F_h$ .



Figura 6. Vista con mayor detalle del material deslizado de contratalud de progresiva 16 700

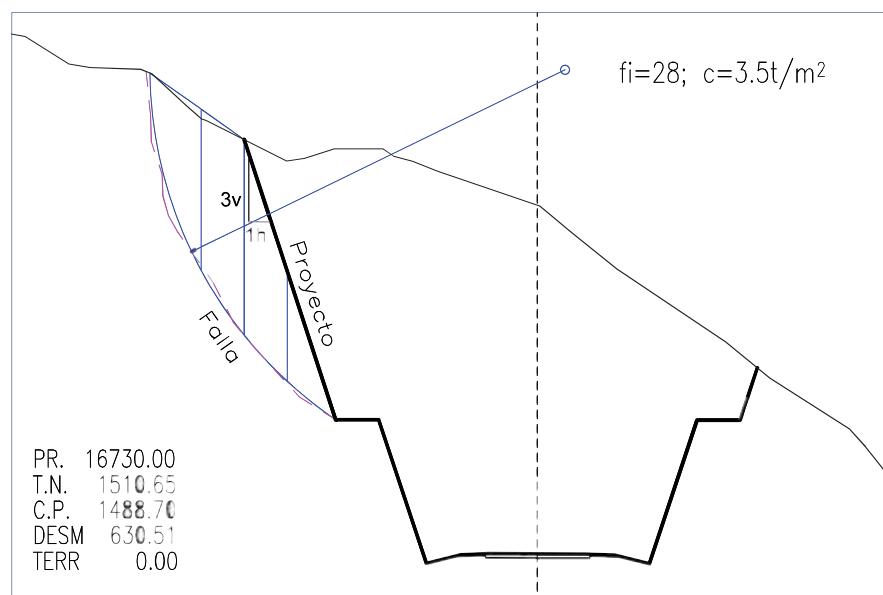


Figura 7. Perfil de proyecto progresiva 16 730 con falla en línea de trazos y línea circular adoptada para retrocálculo

# Rutas Divulgación

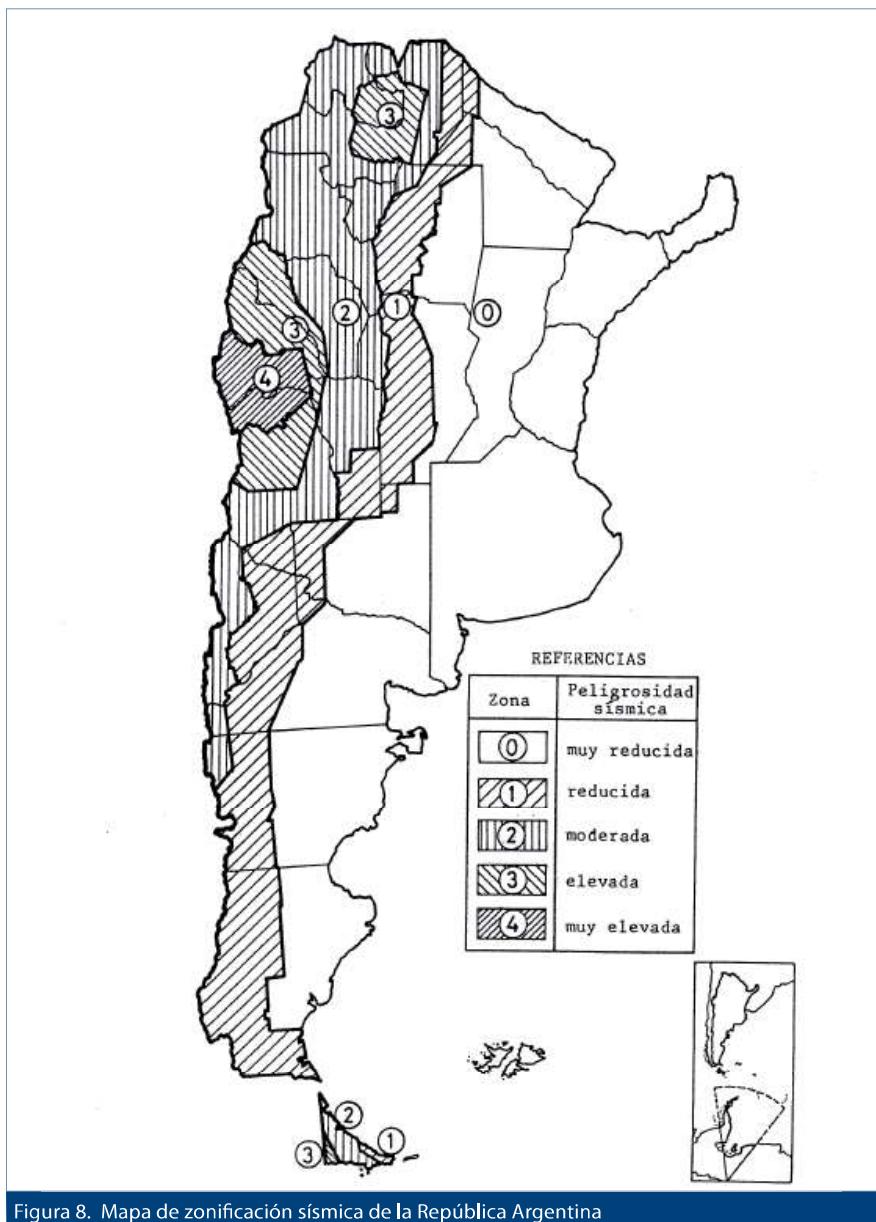


Figura 8. Mapa de zonificación sísmica de la República Argentina

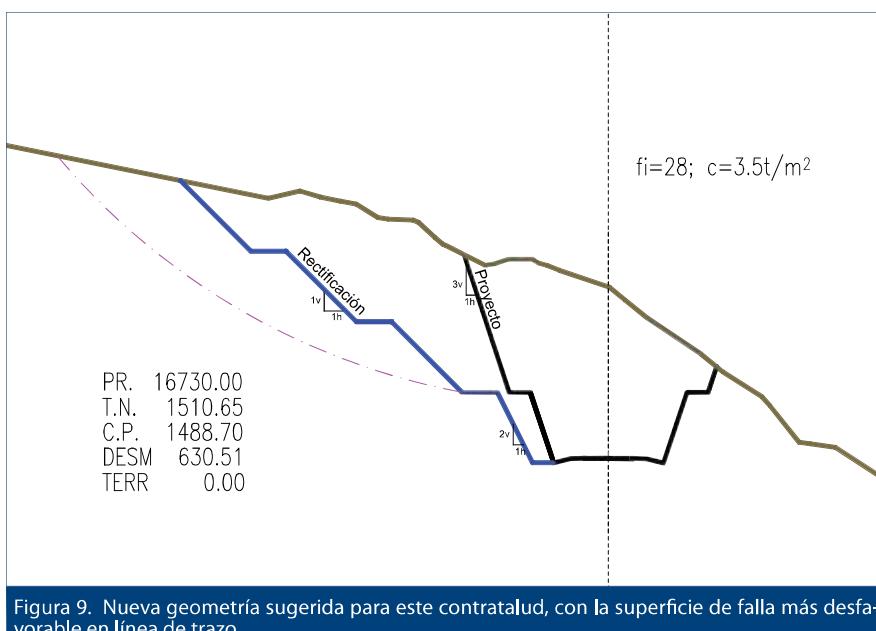


Figura 9. Nueva geometría sugerida para este contratalud, con la superficie de falla más desfavorable en línea de trazo

Los factores de seguridad mínimos obtenidos, tras analizar varias superficies probables de deslizamiento fueron:

$F_s = 1,11$  con sismo > Factor límite con sismo = 1,1.

$F_s = 1,54$  sin sismo > Factor límite con cargas permanentes = 1,5.

correspondientes a la superficie esquematizada en la Figura 9. En el gráfico se proporciona la nueva geometría sugerida para este contratalud, en su costado izquierdo. El contratalud del otro costado no presenta problemas de estabilidad, debido principalmente a su menor altura. Esta configuración geométrica es posible dada la escasa pendiente de la ladera natural, que no aumenta en exceso el volumen de excavación del nuevo contratalud sugerido.

En la Figura 10 se adjunta un esquema de los análisis de estabilidad realizados considerando otras geometrías de contratalud más empinadas y cuyos factores de seguridad no superan los factores límite.

Se podrían contemplar otras opciones estabilizadoras adicionales, tales como mallas de contención, gunitado para el talud inferior, etc.

## 3. Estado actual

Una vez efectuados los trabajos de reconstrucción no se apreciaron nuevas situaciones inestables en el macizo, encontrándose la ruta habilitada desde el 15 de octubre de 2014.

Se adjuntan vistas de Google Earth en la Figura 11 y una foto con vista hacia progresivas decrecientes en Figura 12, del estado actual del macizo de progresiva 16 700.

## 4. Conclusiones

Respecto a una primer propuesta de modificación del trazado entre las progresivas extremas del sector, para alejarlo del cerro y evitar el problema de su estabilización, se concluyó que un exiguo corrimiento del eje no eximiría la necesidad de corregir los contrataludes, por razones de seguridad.



Figura 10. Esquema con análisis de estabilidad considerando otras geometrías de contratalud y sus superficies de falla

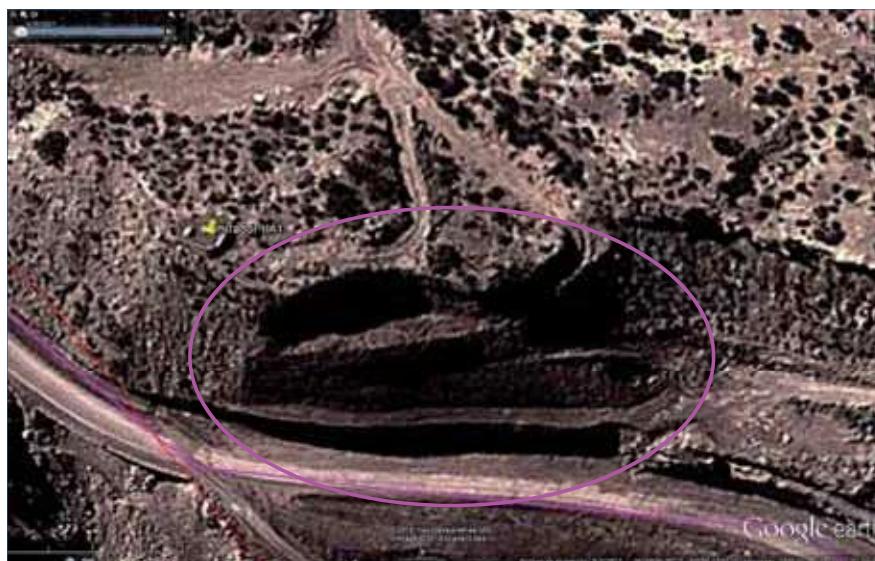


Figura 11. Vista del desmonte 16 700, remarcado, luego de la rectificación del contratalud, según Google Earth

En cuanto a los coeficientes de seguridad límites adoptados en este trabajo, son inferiores a los que se usan habitualmente en este tipo de verificación de estabilidad. Esto se debe a que los parámetros resistentes fueron deducidos a partir de un retroanálisis de un deslizamiento existente, lo que implica un mayor conocimiento del macizo.

No se descartan alternativas de refuerzo del contratalud en el caso de que en el futuro puedan surgir problemas de desprendimientos. De todos modos, tras efectuar los trabajos de reconstrucción, hasta el momento de la redacción de este artículo no se han apreciado nuevas situaciones inestables en el macizo.

A nivel de provincia y, por qué no, de país, se considera esta ruta una "obra escuela" puesto que en ella ha sido necesario poner rápidamente en práctica soluciones ingenieriles a desafíos constructivos que se presentaron durante la construcción de la misma, así como innovaciones tecnológicas para el medio local, como han sido las mallas y pantallas dinámicas, así como otro tipo de obras más comunes como los túneles viales en montaña, entre otros, cuya construcción reapareció con esta ruta después de varios años. ♦



Figura 12. Vista hacia progresivas decrecientes del macizo reperfilado de progresiva 16 700