

**PROYECTO DE
ESTABILIZACIÓN DE LAS
LADERAS DE LA CARRETERA
OU-324 A SU PASO POR LA
CANTERA DE SAN VICENTE
(ORENSE)**

Autores:

Barón Rubio, Paloma. (Geocontrol S.A.)
de Cabo Ripoll, Manuel. (Geocontrol S.A.)
Galera Fernández, José Miguel. (Geocontrol S.A.)
Hurtado Sola, Juan Manuel. (Geocontrol S.A.)
Martínez Ruíz, Guillermo. (Geocontrol S.A.)

PROYECTO DE ESTABILIZACIÓN DE LAS LADERAS DE LA CANTERA DE SAN VICENTE (ORENSE)

RESUMEN

La carretera OU-324 es la principal vía de comunicación entre las localidades de O Barco de Valdeorras y San Vicente de Leira (Orense).

Las laderas sobre las que discurre esta carretera, ya en las proximidades de San Vicente de Leira, presentan evidentes signos de inestabilidad antiguos, como paleodeslizamientos y ejemplos claros de solifluxión; estas inestabilidades se han visto agravadas por las labores de explotación de pizarra que se desarrollan en una cantera situada bajo el trazado de la carretera.

Por ello se ha llevado a cabo un completo estudio geotécnico del área afectada, como paso previo para la realización de un análisis retrospectivo de ambas laderas, utilizando como herramienta el método de las diferencias finitas. Este análisis ha permitido definir con exactitud el alcance de las superficies potenciales de rotura.

Ante la envergadura de los volúmenes movilizados, se han descartado soluciones de estabilización basadas en refuerzos (activos o pasivos) de tipo bulonajes, anclajes o muros, al resultar de efectividad más que dudosa y de coste muy elevados.

Como consecuencia de ello, se ha considerado otro tipo de solución que, si bien no garantiza el mínimo factor de seguridad requerido para el discurrir de una carretera, proporciona un factor de seguridad inferior, pero suficiente para vías de otros usos y, en concreto, para la continuación de las labores de explotación de las que depende gran parte de la mano de obra de la comarca.

Todo ello ha sido recogido en el correspondiente Proyecto Constructivo que, en el momento actual, está pendiente de aprobación por parte de la autoridad competente.

INTRODUCCIÓN

La carretera autonómica OU-324, de acceso a la localidad de San Vicente de Leira desde O'Barco de Valdeorras, presenta desde el año 1998 graves deficiencias ocasionadas por inestabilidades de las laderas sobre las que discurre. Estas deficiencias han obligado en numerosas ocasiones al corte de la vía, con el consiguiente trastorno para los vecinos de la zona. Hasta el momento se ha recurrido a soluciones temporales, sin ningún control geotécnico, como el relleno de los terraplenes deslizados o el retranqueo de alguno de los desmontes. Estas soluciones, en más de una ocasión, han originado nuevas inestabilidades, con lo que la situación inicial se ha visto agravada con el paso del tiempo. En las **Fotografías 1 y 2**, tomadas en mayo de 2000, se muestra la situación de la ladera Oeste y de la Este, respectivamente.

La empresa CANTERAS VILLAMARTÍN, S.L., en adelante CAVIMA, viene realizando el aprovechamiento de los recursos de pizarra en la concesión minera "San Vicente" desde el año 1994. El vaciado generado por la extracción de materiales ha producido la movilización de una gran masa de terreno, al quedar descalzada en su base y superarse la resistencia movilizable en las superficies de rotura.

A la vista de la tipología de movimientos que se están produciendo pueden deducirse dos orígenes diferentes para los mismos; si bien ambos se encuentran claramente interrelacionados: por una parte se han producido unos movimientos "profundos", cuyo origen se encuentra en la fracturación existente en el macizo rocoso y, más en concreto, en una familia de fallas cuya orientación respecto a las laderas favorece el deslizamiento a través de las mismas. Estas fracturas han quedado descalzadas en su base por la extracción de material de la cantera.

Por otro lado son claramente observables movimientos más superficiales que afectan a los depósitos de coluvión existentes en las laderas y a la zona más alterada de la denominada "Formación Superficial". Estos últimos movimientos, aunque son los más llamativos a primera vista, poseen menor entidad que los anteriores al afectar a espesores relativamente someros de materiales, de unos 10 m de potencia máxima.

El agua existente en ambas laderas, observable en numerosos puntos de las mismas, afecta muy negativamente a su estabilidad.



Fotografía 1.- Estado de la ladera Oeste en mayo de 2000.



Figura 2.- Estado ladera Este en mayo de 2000.

GEOLOGÍA DE LA ZONA

El área de estudio se encuadra en la zona Astur-occidental Leonesa, incluida en el Macizo Hespérico. Estructuralmente la zona se sitúa entre el Anticlinal del Caurel-Teleno (al Norte) y el Sinclinal del Sil (al Sur).

Los materiales afectados corresponden a depósitos coluviales y formaciones paleozoicas, la Serie Esquistosa de Transición y la Cuarcita Armoricana.

Los depósitos coluviales están constituidos por una matriz limoarcillosa con frecuentes bloques de pizarra y cuarcita, además de fragmentos milimétricos a centimétricos lajosos y/o angulosos. Estos depósitos de ladera se disponen cubriendo las formaciones rocosas subyacentes, casi en su totalidad.

La formación de Cuarcitas Armonicanas, llamada en adelante Formación Superior, está formada por pizarras areniscosas deleznable, cuarcitas y pizarras grises más competentes, con pasadas esporádicas de cuarcita. Estos materiales se disponen de manera tabular en bancos, de los cuales, los cuarcíticos varían de 0,5 m a 1,5 m, de espesor, con una tendencia a aumentar progresivamente a muro de la formación.

La Serie Esquistosa de Transición corresponden a las denominadas Pizarras de Criadero, formadas por pizarras masivas con lentes y nódulos de cuarzo, deformados por la esquistosidad. También aparece cuarzo en venas microplegadas y en proporción composicional variable en las pizarras. Dentro de esta formación existen zonas con foliación y diaclasado considerablemente menores que el resto, constituyendo el objetivo del beneficio de la cantera.

En las **Figuras 1 y 2** se muestran las cartografías geológico-geotécnicas realizadas para las laderas Este y Oeste, respectivamente.

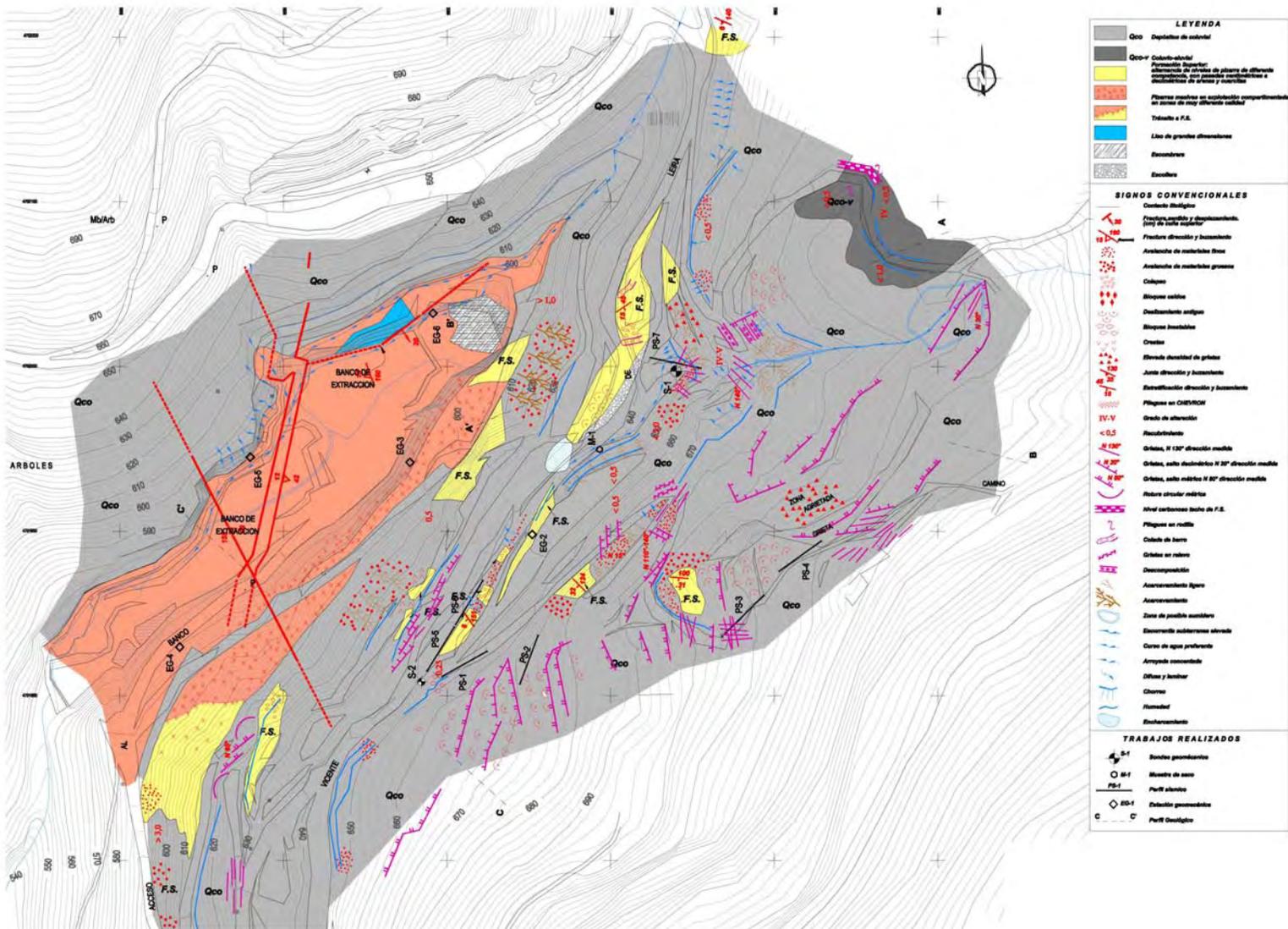


Figura 1.- Cartografía geológica-geotécnica de la ladera Este.

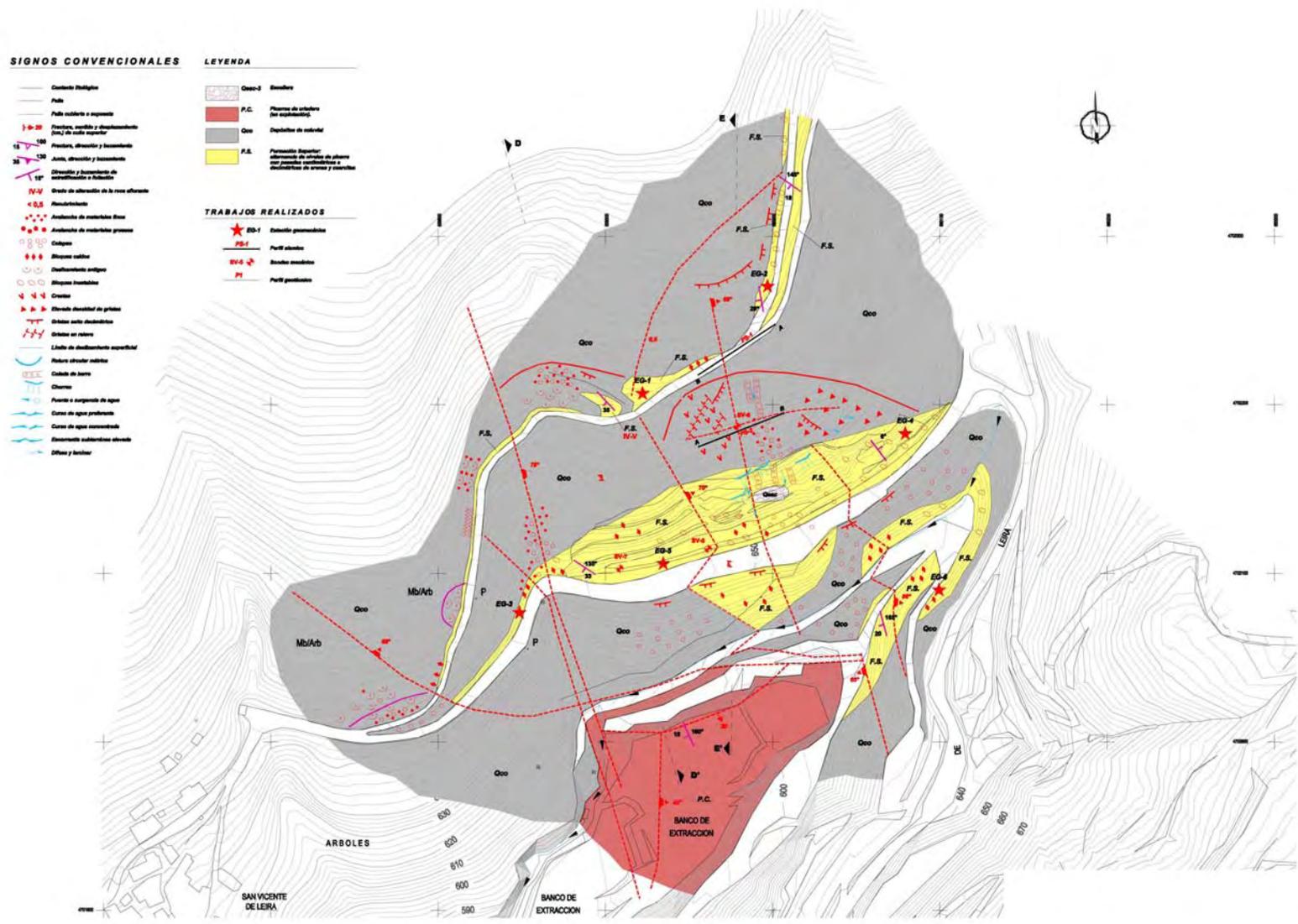


Figura 2.- Cartografía geológico-geotécnica de la ladera Oeste.

El drenaje del área estudiada se concentra en el llamado Regueiro de Preates, que discurre por el valle que sirve de divisoria a las laderas inestables citadas. Este regueiro o arroyo desemboca aguas abajo en el cercano río Leira. Además del drenaje superficial que se efectúa en regueros discontinuos sobre ambas laderas, existe un flujo semiprofundo en los materiales coluviales (permeabilidad media) y en la Formación Superior alterada, aprovechando su elevada fracturación, y en la Formación Superior sana por fracturación y por la presencia de bancos más areniscosos. En las Pizarras de Criadero la circulación de agua se concentra en grandes fracturas, resultando la matriz rocosa impermeable.

Debido a las elevadas precipitaciones registradas en el área de estudio se observan procesos de soliflucción o coladas de barro en los coluviones/Formación Superior alterada y flujos aflorantes en el contacto Formación Superior sana/Pizarras de Criadero y a través de fracturas profundas de esta última formación.

TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos que se han llevado a cabo para la realización de este Proyecto, se efectuaron en dos campañas diferentes: en el año 1998 de la ladera Este y en los años 2000 y 2001 de ambas laderas. Estos trabajos se muestran a continuación, de forma resumida:

- 1.- Fotointerpretación sobre pares estereográficos de fotos áreas (1:18.000).
- 2.- Cartografía geológico-geotécnica y morfológica. E:10.000
- 3.- 12 estaciones geomecánicas (levantamiento de discontinuidades estructurales y clasificación geomecánica del macizo rocoso).
- 4.- 5 sondeos mecánicos a rotación con recuperación de testigo (276 ml total).
- 5.- 9 perfiles de sísmica de refracción de alta definición (495 ml).
- 6.- Nivelación topográfica con colocación de 10 hitos hormigonados sobre el terreno.
- 7.- Instalación de PVC ranurado en sondeos; para observar los niveles de agua y profundidad de rotura.

8.-Instalación de inclinómetros.

9.- Recopilación de datos pluviométricos en ese periodo.

10.- Ensayos de identificación, límites y corte directo en suelos (sin consolidar y drenar con obtención de resistencias residuales) y prensa Franklin en roca.

10.- Cálculos tensiodeformacionales de 2 perfiles representativos con acoplamiento hidráulico antes y después del reataluzado propuesto.

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Según los reconocimientos efectuados en ambas laderas afectadas por las inestabilidades, se presentan dos problemas bien diferenciados. En la ladera Este se han observado paleodeslizamientos superficiales, que han sido reactivados por la actividad extractiva de la cantera, situada al pie de la ladera, e incrementados por el efecto de abundantes precipitaciones. En el caso de la ladera Oeste, además de producirse deslizamientos superficiales que afectan a los depósitos coluviales, éstos son inducidos por descaldes profundos en el pie de la ladera por la acción extractiva de la misma cantera. Estos descaldes producen un movimiento en masa del macizo rocoso, el cual se encuentra afectado por fracturas profundas.

Para la modelización del comportamiento de ambas laderas se realizó un análisis retrospectivo, con el objetivo de establecer las causas de la inestabilidad producida.

En el cálculo en elastoplasticidad de la estabilidad del terreno se ha recurrido al análisis numérico. Para ello, se han resuelto los modelos discretos bidimensionales que representan los cortes geotécnicos que engloban las tipologías más características del estudio. Estos modelos se han resuelto por el método de diferencias finitas mediante el programa FLAC, para la simulación del terreno como un continuo.

Teniendo en cuenta que los materiales coluviales presentan una marcada pérdida de resistencia en la postrotura se ha adoptado un modelo constitutivo elasto-plástico con reblandecimiento definido por los parámetros del **Cuadro I**.

Los materiales que componen el substrato rocoso se han representado por el modelo de rotura elasto-plástico de Mohr-Coulomb, definido por los parámetros incluidos también en el **Cuadro I**.

TERRENO	γ (t/m ³)	E (MPa)	ν	C (MPa)	ϕ (°)
Pizarras de Criadero	2,7	7.943	0,25	0,29	35
Formación Superior Sana	2,7	3.105	0,25	0,14	41
Formación Superior Alterada	2,6	3.772	0,25	0,08	34
Coluvión	2,0	30	0,3	0,03*	36*

* Propiedades correspondientes a valores de pico.

Cuadro I.- Propiedades mecánicas del terreno.

MODELO NUMÉRICO

Los modelos diseñados corresponden a los perfiles geológicos más representativos de ambas laderas, que se extienden desde el fondo de la Cantera de San Vicente (cota 560) hasta la parte superior del talud (cota 800) como se muestra en la **Figura 3**, correspondiente a la ladera Este.

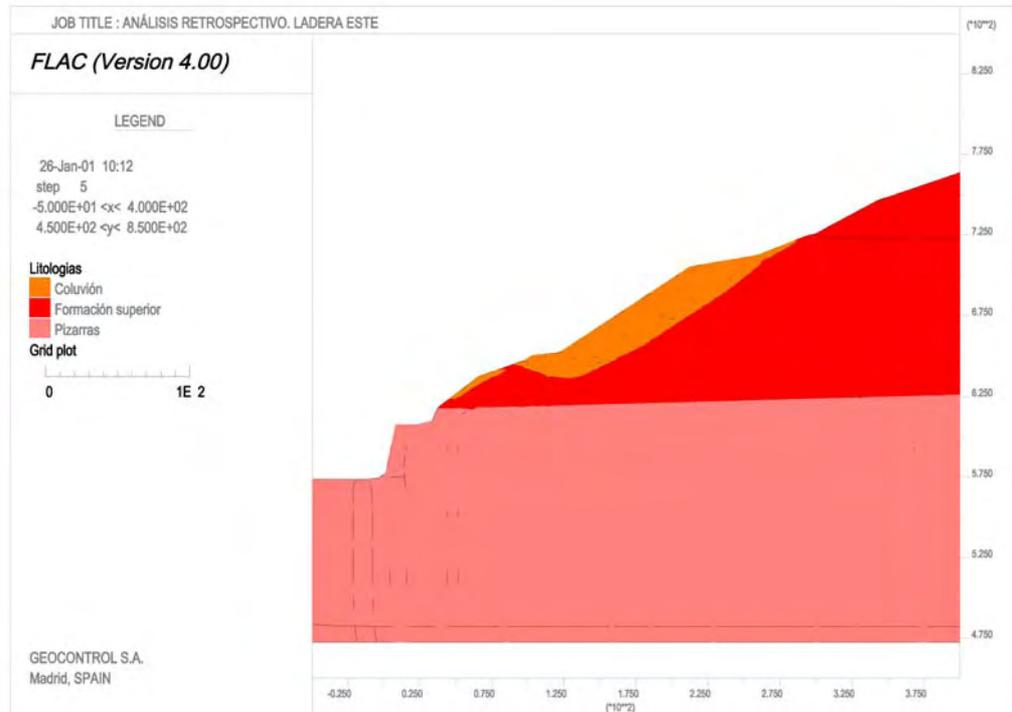


Figura 3.- Modelo de cálculo para la ladera Este.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS RETROSPECTIVO

Las principales conclusiones extraídas del back análisis realizado son:

- Existe una notable influencia en la estabilidad de la ladera de la posición del nivel freático, lo que hace pensar la idoneidad de drenajes profundos para su estabilización (**Figuras 4 y 5**).
- Los movimientos deducidos en el modelo representan fielmente los observados en la ladera.
- Los criterios elegidos para la reducción de propiedades del coluvión son acertadas (deformación unitaria de 0,2% para el paso a propiedades residuales)
- Se considera válido el modelo inicial de la ladera para las actuaciones estabilizadoras de la misma.

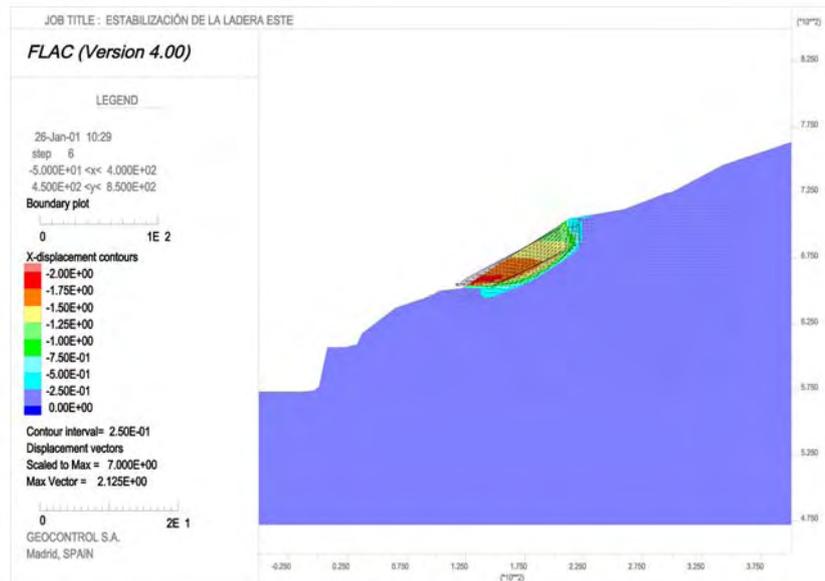


Figura 4.- Distribución de desplazamientos horizontales con nivel freático alto. Representativo de periodos lluviosos y de propiedades residuales del coluvión.

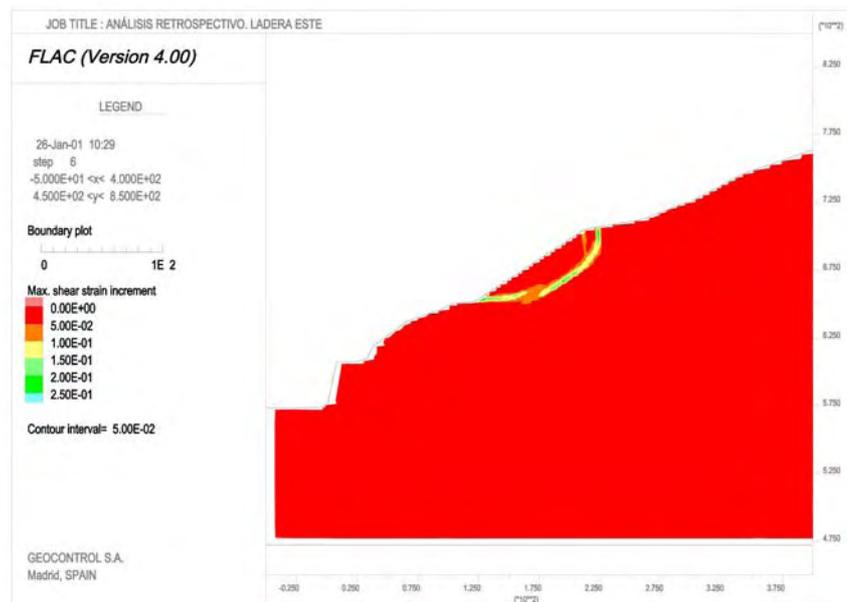


Figura 5.- Deformación cortante con nivel freático alto. Círculo de rotura potencial.

SOLUCIONES PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA

Las medidas consideradas tras el análisis retrospectivo para la estabilización de las laderas se concentran en dos acciones concretas:

- 1.- Reataluzado de las laderas con ángulo de inclinación adecuado para reducir el volumen del coluvión y Formación Superficial alterada.
- 2.- Rebaje del nivel freático mediante drenes, y cuneta perimetral de guarda en todo el talud.

Estas medidas han sido modelizadas numéricamente en ambas laderas a partir del análisis retrospectivo en tres fases constructivas, y se muestran en la Planta de medidas de estabilización presentada en la **Figura 6**.

CONCLUSIONES

Las laderas sobre las que discurre en la actualidad la carretera OU-324 están afectadas por fenómenos de inestabilidad severos lo que provoca que dichas laderas no reúnan en ningún caso las condiciones mínimas necesarias para que sobre ellas discurra un nivel de esta categoría.

El Proyecto de estabilización realizado garantiza, no obstante, el factor mínimo de seguridad requerido para la continuidad de la actividad extractiva en la cantera, de la que depende gran parte de la mano de obra de la comarca.

