TRATAMIENTO DE LOS TALUDES Y LADERAS MONTAÑOSAS DEL FERROCARRIL DE LLEIDA A LA POBLA DE SEGUR.

Méndez, Marc[1]*, Ferre, Anna[2], Marín, Josep[2], Terrado, Eduard[3].

[1]INACCÉS GEOTÈCNICA VERTICAL, S.L.

[2]FERROCARRILS DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

[3]ARS GEOTÈCNICA, S.L.

RESUMEN:

En esta comunicación se presentan algunos de los trabajos mas representativos de estabilización y protección frente a desprendimientos rocosos, que Inacces Geotécnica Vertical, SL ha realizado en el ferrocarril Lleida-La Pobla de Segur, entre los años 2.006 y 2.009 y que por la singularidad de la infraestructura y su orografía, han necesitado de técnicas altamente especializadas en el campo de la estabilización de taludes y laderas utilizando métodos de trabajos verticales con materiales y maquinaria pesada.

La singularidad de las obras y la forma de abordarlas, creemos interesante ponerlas a exposición pública, puesto que pueden aportar valiosa información a los profesionales del sector.

1. INTRODUCCION:

Cuando el año 2.005, la Generalitat de Catalunya pasó a ser propietaria de la línea férrea entre Lleida y La Pobla de Segur, era consciente de la necesidad de mejora y modernización del servicio recién traspasado. Con este objetivo, a parte de la mejora en la propia infraestructura ferroviaria (vías, traviesas, señalización, enclavamientos, etc.) acometió un proyecto de valoración y mitigación de los riesgos geológicos existentes.

Vista la experiencia de los problemas de estabilidad de taludes y laderas detectados durante el periodo de explotación anterior y la complicada orografía existente entre Balaguer y La Pobla de Segur, en que se atraviesan macizos rocosos del prepirineo leridano, se procedió a realizar una serie de inspecciones y visitas de trabajo por parte de los técnicos de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, fruto de las cuales se acordó encargar la realización de proyectos de estabilización y protección contra los desprendimientos rocosos a diversas ingenierías especializadas.

Los estudios encargados, dieron como resultado la confirmación de la existencia de indicios de inestabilidad en los taludes y laderas de la traza, con elevados riesgos geológicos por posibles desprendimientos de rocas y deslizamientos de suelos.

Con estos indicios, se definieron y redactaron proyectos constructivos de las soluciones de estabilización y refuerzo de los diferentes tramos de la línea férrea con un mayor riesgo para la seguridad de los trabajadores y usuarios de la infraestructura.

Como empresa adjudicataria de las obras a acometer en diferentes tramos de la vía, Inacces Geotécnica Vertical, SL ha realizado en este ferrocarril de Lleida-La Pobla de Segur, entre los años 2.006 y 2.009, diversos trabajos de estabilización y protección contra los desprendimientos rocosos.

Estos trabajos se han realizado tanto previamente a la puesta en servicio de la línea férrea, como con posterioridad al restablecimiento de la circulación de trenes el año 2007.

Los trabajos encargados, se han centrado en 8 zonas diferentes situadas entre Balaguer i Tremp, y que corresponden a taludes y laderas las cuales fueron valoradas en proyectos diferentes.

En esta comunicación, se pretende dar a conocer los trabajos con mayor grado de especialización realizados, los cuales, debido a la difícil orografía existente y al déficit de accesos a las zonas de trabajo, han requerido un alto grado de especialización e innovación en los procedimientos de trabajo utilizados.

2. LOCALIZACION GEOGRAFICA:

La línea férrea entre Lleida y La Pobla de Segur tiene un trayecto de 89,35 km y recorre gran parte de la Provincia de Lleida en dirección Norte. Entre Lleida y Balaguer, la línea tiene un recorrido fácil, discurriendo por la derecha del río Segre. El trazado se complica al dejar el recorrido de las vías el valle del Segre y acceder al curso del río Noguera Pallaresa, río que no se deja hasta llegar a La Pobla de Segur.

Durante este tramo de recorrido mas complicado entre Balaguer i La Pobla de Segur, se atraviesan varias sierras prepirenaicas perpendicularmente a ellas, aprovechando varios desfiladeros, entre los que destaca el imponente desfiladero de Terradets, entre los pueblos de Ager i Cellers.

También se bordean varios embalses dedicados a regular el río y generar energía hidroeléctrica.

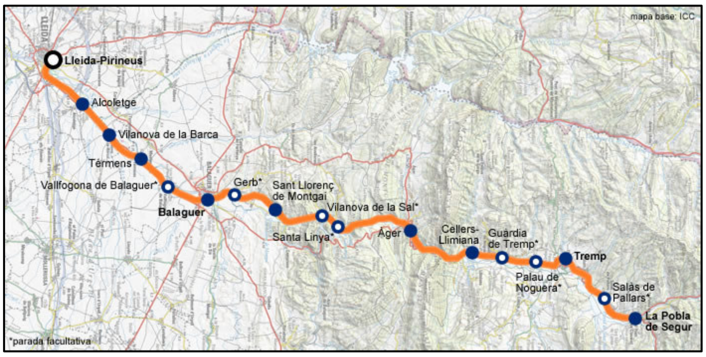


Fig.1 y 2: Trazado de la línea férrea en la Provincia de Lleida y estaciones a lo largo de la traza.

3. LOCALIZACION GEOMORFOLOGICA:

Geomorfológicamente, entre Lleida i Balaguer, nos encontramos en la Depresión Central Catalana, la cual forma parte de la Cuenca del Ebro.

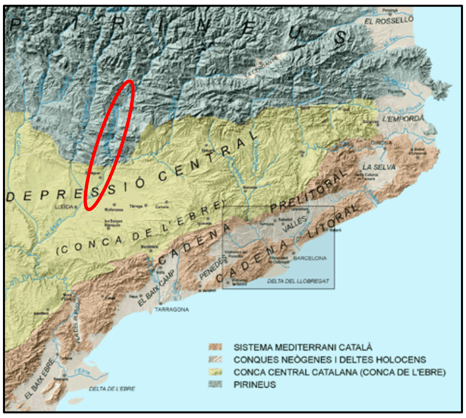


Fig.3: Unidades geomorfológicas.

A partir de Balaguer i hasta la Dobla de Segur, la unidad geomorfológica corresponde a la Unidad Pirenaica, que en esta zona es conocida como Sierras Marginales Pirenaicas, caracterizadas por alineaciones montañosas alineadas en sentido Este-Oeste, con vertientes Sur muy verticalizadas (acantilados rocosos) condicionadas por fallas encabalgantes y vertientes Norte con pendientes mas suaves, correspondientes a flancos Sur de sinclinales que conforman pequeñas cuencas prepirenaicas.

Las litologías que conforman los taludes y laderas a lo largo del recorrido del ferrocarril entre Balaguer i Tremp, son rocas sedimentarias, básicamente calizas, areniscas y margas, con una serie de discontinuidades rocosas asociadas originadas por procesos de origen tectónico.

4. TRABAJOS DE ESTABILIZACION Y PROTECCION REALIZADOS:

Los trabajos determinados en los diferentes proyectos redactados para la corrección de los taludes y laderas inestables se pueden agrupar en cuatro grandes grupos:

1- Intervenciones de eliminación de los elementos potencialmente inestables
2- Intervenciones de estabilización de los elementos potencialmente inestables
3- Intervenciones de conducción de los elementos inestables
4- Intervenciones de detención de los elementos inestables

Cada una de estas filosofías de trabajo realizadas se pueden desglosar en las siguientes intervenciones:

<u>Intervenciones consistentes en la eliminación de los elementos potencialmente inestables:</u>

- Purgas manuales de elementos rocosos
- Minados con cementos expansivos de masas rocosas
- Minados con explosivos de masas rocosas

<u>Intervenciones consistentes en la estabilización de los elementos potencialmente inestables:</u>

- Bulonado de los bloques rocosos
- Colocación de redes de cable en las superficies de los taludes
- Refuerzos de los taludes con cables tensados contra el terreno

<u>Intervenciones consistentes en la conducción de los elementos inestables:</u>

- Colocación de mallas de triple torsión en las superficies de los taludes

<u>Intervenciones consistentes en la detención de los elementos inestables:</u>

- Barreras fijas antidesprendimientos
- Barreras antidesprendimientos equipadas con sistemas de disipación de energía

Estas cuatro grandes filosofías de trabajo, han sido realizadas en diferente grado de intervención en los taludes tratados.

Que se haya utilizado con mayor o menor intensidad uno u otro sistema de protección, dependió, además de la necesidad intrínseca de las características geológicas de cada talud, también de los condicionantes orográficos del terreno (condicionantes de acceso a los taludes y de las diferentes plataformas de trabajo) y de que en el momento de ejecutarse los trabajos estuviera en servicio o no la infraestructura.

Estos condicionantes, sumados a que en algunos tramos la infraestructura discurre por zonas de interés natural protegidas, han requerido de un alto grado de especialización en trabajos de estabilización por parte de los operarios que han llevado a cabo los trabajos así como que estuvieran capacitados y especializados en trabajos de movilidad difícil (trabajos en altura con sistemas de trabajo basados en una especial atención a la seguridad laboral, llevados a cabo por técnicos especialistas).

5. EJEMPLOS SINGULARES:

Como muestra de los tipos de trabajo llevados a cabo y de las soluciones adoptadas en puntos singulares y de difícil solución, se detallan a continuación las siguientes intervenciones:

- PK 53,6 a 53,8 :

Se trata de un talud de gran altura existente entre dos emboquilles de túneles, el cual destaca por su extrema verticalidad.

En varias zonas el talud presenta cornisas de estratos de areniscas en voladizo, con un alto riesgo de caída de roca tanto de pequeño tamaño como desplomes de grandes volúmenes de estratos de roca.

Este es uno de los taludes en que la gama de soluciones ha sido mas completa y que han abarcado los cuatro tipos diferentes de solución descrita.

Todas las intervenciones destacan por su dificultad al haber sido realizadas en un talud con una orografía difícil.

En concreto, las intervenciones realizadas en la superficie misma del talud, han requerido de técnicas muy especializadas de trabajo al no haberse podido utilizar sistemas de elevación y la superficie del talud presentarse en contrapendiente en gran parte de su superficie.

En esta zona destacamos tres unidades de obra en concreto por su complejidad y singularidad en la ejecución:

- Eliminación de una cornisa inestable del talud de 1.500 m3 de volumen mediante una voladura con explosivos.

- Colocación de malla de triple torsión sobre la superficie del talud.

- Bulonado de bloques rocosos en acantilado.

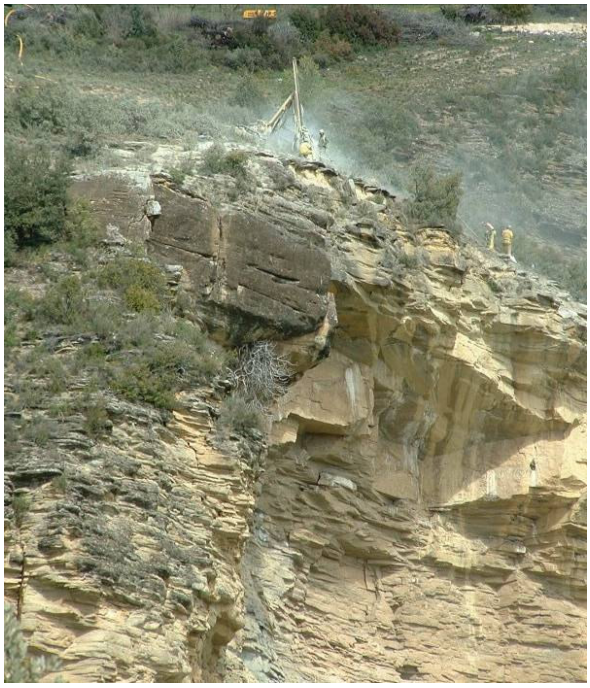
Eliminación de una cornisa rocosa mediante voladura:

Los trabajos proyectados disponían que la solución que aportaba mayor seguridad a la vía pasaba por la eliminación de un gran volumen de roca dispuesto en voladizo en la cabeza del talud, justo en la vertical de la salida del túnel nº 19.

Esta intervención fue factible realizarla al estar la vía en fase de renovación y no estar en servicio.

Para la realización de esta actuación, se tuvieron que combinar diversos sistemas de trabajo y maquinaria de perforación.

Se procedió a realizar un camino de acceso hasta la cabeza del talud para poder llegar con un carro perforador ATLAS COPCO de cadenas con martillo en cabeza alimentado por un compresor de 16.000 litros de la casa COMP-AIR, y poder realizar así la mayor parte de las perforaciones necesarias para cargar la voladura.



Fotografías 1 y 2: Trabajos de perforación en la cornisa con carro perforador.

Las zonas mas cercanas al borde del acantilado, en las que la perforación con carro perforador hubiera supuesto un riesgo excesivo para los operarios y la maquinaria, o simplemente esta no podía acceder a ellos, la perforación fue realizada con martillos neumáticos mineros ligeros (17 Kg. de peso), manipulados con sistemas de trabajo basados en técnicas de trabajo vertical, y alimentados por un compresor de 5.000 l de la casa ATLA COPCO.

Fotografías 3 y 4: Trabajos de perforación con martillos manuales.

La voladura de la cornisa se ejecutó con éxito, consiguiéndose que la mayoría del escombro originado quedase acumulado delante del emboquille del túnel nº 19 de donde fue retirado a vertedero con maquinaria convencional de excavación.

Fotografías 5 y 6: Voladura de la cornisa y escombro en el emboquille del túnel 19.

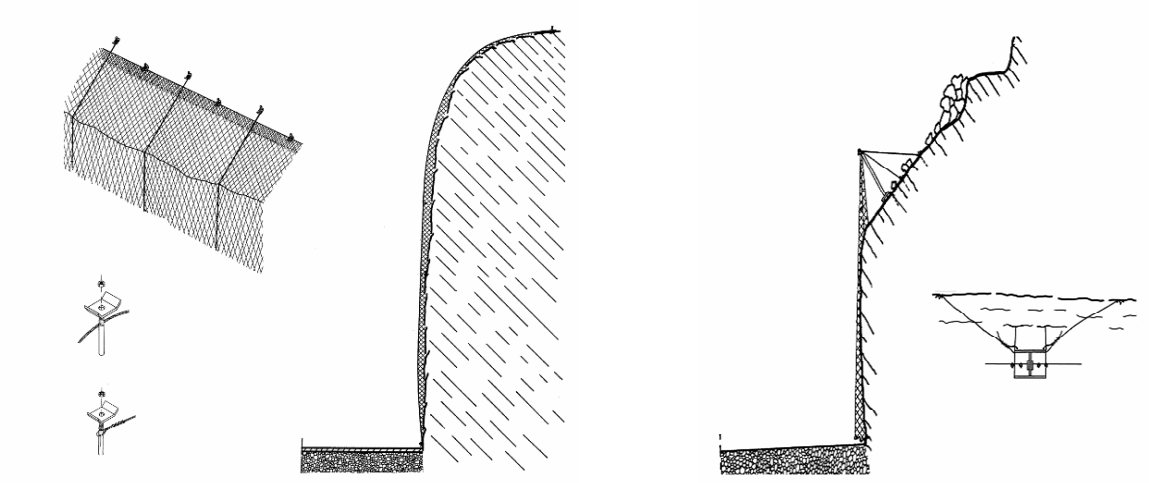
Una vez realizada la voladura, fue necesario sanear los restos de escombro que quedaron en la superficie del talud excavado. Esta operación se realizó tanto manualmente (con ayuda de palancas y gatos hidráulicos), como con ayuda de cementos expansivos.

Fotografías 7 y 8: Restos de escombro que quedaron en el talud.

Colocación de malla de triple torsión sobre la superficie del talud:

En este talud, se proyectó la colocación de una malla de acero de triple torsión con el fin que las caídas de piedras de menor volumen sean conducidas por detrás de la malla y no puedan llegar a caer al trazado de la vía.

En algunas zonas del talud, se dispuso en la cabeza del mismo de una estructura con postes de acero sobre la que se fija la malla de triple torsión. Esta estructura tiene como misión interceptar las piedras de pequeñas dimensiones que puedan caer desde la ladera montañosa.



Figuras 4 y 5: Mallas de triple torsión para protección de taludes sin y con postes en cabeza de talud.

En el talud en cuestión, la dificultad de instalación de este tipo de protección radicó en la marcada verticalidad e incluso en la contra pendiente de algunas zonas del talud en que fue necesario utilizar técnicas de alta especialización de trabajos con técnicas de escalada, debido a que no fue posible el trabajo con sistemas de elevación convencionales.

Fotografías 9 y 10: Labores de colocación de las mallas de triple torsión en el talud.

Bulonado de bloques rocosos en acantilado:

Otro de los trabajos realizados consistió en el cosido de bloques rocosos con bulones de acero perforados e inyectados con lechada de cemento.

Tal y como se ha visto en el caso de las mallas de triple torsión, la presencia de zonas a contra pendiente en el talud necesitó la aplicación de técnicas de alta especialización de trabajos en altura para poder movilizar por el talud las perforadoras necesarias para ejecutar los bulones así como la colocación de los mismos.

La perforadora utilizada, ha sido desarrollada por el departamento técnico de Inacces S.L. y consiste en una cesta de perforación ligera equipada con una columna de perforación provista de rotor neumático y martillo en fondo de 90 mm de diámetro. Este carro perforador viene alimentado por un compresor ATLAS COPCO de 16.000 litros,

Fotografía 11: Cesta perforadora realizando bulones en el talud

- PK 46,3:

El elemento de la infraestructura a proteger es el emboquille de un túnel ubicado al pié de una ladera montañosa (ladera V5 según la nomenclatura de proyecto), la cual está dominada por unos imponentes acantilados rocosos calizos y calcareníticos.

Con el fin de evitar que las caídas de piedras puedan impactar contra la traza de la vía, el proyecto definió la colocación de una barrera antidesprendimientos justo en la cabeza de talud por encima del emboquille del túnel.

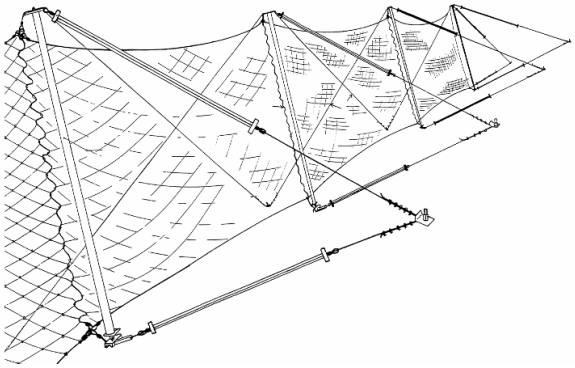


Figura 6: Boceto esquemático de una barrera antidesprendimientos. Equipada con disipadores de energía.

Las prescripciones técnicas de proyecto definían una barrera de 30 metros de longitud, con una altura de interceptación de 8 metros y una capacidad de absorción de energía de 5.000 Kj.

Para la instalación de una estructura metálica de estas características, fue necesaria la utilización de un helicóptero como sistema de transporte y de elevación de los diferentes elementos de la barrera.

Fotografías 12 y 13: Vistas de la barrera antidesprendimientos instalada.

La perforadora utilizada para la ejecución de los anclajes y cimientos de la barrera, ha consistido en un patín de perforación ligero equipado con una columna de perforación provista de rotor neumático y martillo en fondo de 90 mm de diámetro. Este patín perforador tuvo que ser alimentado por tres compresores de 5.000 litros conectados en paralelo debido a que toda la maquinaria se tuvo que transportar con helicóptero y por peso no se pudieron transportar equipos mas pesados.

- PK 48,8 a 49,1:

Este es un tramo de vía ubicado entre dos túneles y que se presenta al pié de una ladera montañosa la cual está dominada por unos imponentes acantilados rocosos calizos.

En esta zona, la gama de soluciones aplicadas ha sido muy variada, de las cuales destacamos tres unidades de obra en concreto por su complejidad y singularidad en la ejecución:

- Saneos y purgas manuales de bloques rocosos.
- Instalación de redes de cable.
- Instalación barreras antidesprendimientos.

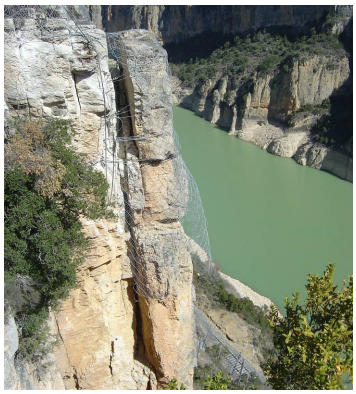
Saneos y purgas manuales de bloques rocosos:

Los trabajos de abatimiento de los bloques rocosos con mayor riesgo de caída se realizaron previa inspección in situ de los acantilados por parte de personal calificado (geólogos y ingenieros de caminos) tanto de Inacces SL como de la Dirección de Obra, los cuales definieron los bloques a sanear y el método de ejecución. Esta parte del trabajo es básica para el correcto desarrollo de los saneos y evitar desperfectos no deseados en la infraestructura.

Una de las decisiones tomadas al respecto fue la de colocar las barreras antidesprendimientos previa la ejecución del saneo con el fin de evitar que los bloques abatidos llegaran a la traza. Con esta actuación se consiguió reducir el riesgo para los operarios que debían realizar labores de estabilización en el mismo talud.

Instalación de redes de cable:

La existencia de un prisma rocoso de gran envergadura y completamente separado del macizo, fue solventado por el proyectista con la decisión de estabilizarlo mediante la colocación de mallas de cable de acero ancladas en zonas sanas del talud, fuera del volumen inestable.



Fotografía 14

Esta decisión se tomó en detrimento de otras debido a que al tenerse que realizar los trabajos con la vía en servicio, el abatimiento del bloque rocoso no era factible. La perforación en el mismo bloque se desestimó por considerarse un alto riesgo para los operarios.

Instalación de barreras antidesprendimientos:

Al pié del acantilado rocoso, en una berma existente justo por encima de las vías, se instalaron barreras antidesprendimientos de 5 metros de altura y capacidades de absorción de energía de entre 2.000 y 3.000 Kj. La dificultad de la instalación de estos elementos radicó en que se tuvieron que perforar e instalar con la vía en servicio. Este factor, y la inaccesibilidad de la zona, obligaron a utilizar sistemas de transporte especiales (helicópteros) y maquinaria ligera.

Fotografía 15: Perspectiva de las barreras antidesprendimientos instaladas.

6. CONCLUSIONES:

Los trabajos realizados para la mitigación de los riesgos de caídas de rocas sobre la vía en la línea férrea Lleida - La Pobla de Segur, han estado condicionados en todo momento por la difícil orografía de la zona.

La inexistencia de accesos a los taludes y laderas a proteger, y el carácter protegido de muchos de los parajes en los que se debía actuar, ha impedido que se pudieran aplicar soluciones tradicionales, o utilizar sistemas de trabajo convencionales.

Con el fin de poder realizar los trabajos proyectados, ha sido necesario aplicar sistemas de trabajo innovadores llevados a cabo por equipos altamente especializados. Así, se ha podido realizar trabajos de perforación y colocación de diferentes dispositivos de protección ahí donde en muchos casos parece impracticable.

Es por esto que se recomienda a los ingenieros dedicados a la redacción de proyectos similares a no desestimar soluciones que en un principio puedan parecer impracticables y no dudar en ponerse en contacto con técnicos especializados en la instalación de este tipo de protecciones y trabajos con el fin de poder desarrollar proyectos lo mas completos y realistas posibles.