

La ejecución se ha llevado a cabo por **Orbis Terrarum** en Chinchilla de Montearagón (Albacete)

Proyecto y obra de la estabilización de un escarpe rocoso urbano

Este artículo trata sobre la solución técnica adoptada en el proyecto, el control de ejecución realizado y la experiencia adquirida tras la ejecución de la obra de la estabilización de un escarpe en roca en medio urbano. La presencia de cuevas muy juntas que descalzaban el macizo, la existencia de diaclasas verticales en un terreno de tipo evolutivo, y las limitaciones de acceso para la ejecución de los trabajos hicieron de esta obra un reto técnico desde la concepción de la solución óptima hasta su control para conseguir una correcta ejecución.

El macizo rocoso estabilizado, se sitúa dentro de la parte antigua del casco urbano de la localidad albaceteña de Chinchilla de Montearagón. A lo largo de los años se han ido construyendo edificaciones tanto a borde del frente del escarpe como sobre su coronación. Además, en la base, se habían realizado cuevas excavadas a mano y colindantes entre las fincas. Una de ellas tenía grandes dimensiones, suficiente para aparcar varios coches. Esta cueva fue la causa principal y última que, en este caso, terminó descalzando y movilizándolo el macizo rocoso (Fotos 1 y 2).

Lo indicado anteriormente, unido al carácter evolutivo de la roca, y junto con la presencia de diaclasas verticales paralelas al frente, generaron inestabilidades puntuales que dieron lugar a caídas de piedras y bloques tanto del frente como dentro de las propias cuevas. El tapiado de algunas de estas cuevas al pie del escarpe impidió reconocerlas y topografiarlas.

Ante los avisos de los vecinos afectados, el Ayuntamiento, como propietario del terreno público y tomando consciencia del riesgo que

podía suponer tanto para los vecinos como para sus viviendas, tomó la iniciativa para resolver el problema adjudicando mediante concurso a **Orbis Terrarum**, consultoría especializada en *Ingeniería del Terreno*, la redacción de un proyecto constructivo eficaz. Posteriormente, se adjudicó también la Dirección Facultativa y Coordinación de Seguridad y Salud en fase de obra.

Para poder desarrollar la solución técnica constructiva y durante el desarrollo de la misma, fue imprescindible hacer un estudio *in situ* de detalle y un levantamiento topográfico general de las cuevas y patios accesibles, y de la calle sobre la coronación para hacerse una idea de las dimensiones del problema y poder acotar la zona a trabajar, dado que además, viendo el posible riesgo de desprendimiento global, se decidió desalojar a los vecinos de las viviendas de la zona afectada.

Por último, uno de los objetivos y compromisos en el desarrollo de la solución técnica fue que, en la cueva accesible, la cual era también de mayores dimensiones, y albergaba espacio para 4 plazas de garaje, pudiera mantener su uso después de la obra.

Palabras clave: ALPINISTAS, ANCLAJES, ANDAMIO, CONTROL, CUEVA, ESCARPE, ESTABILIZACIÓN, URBANO.

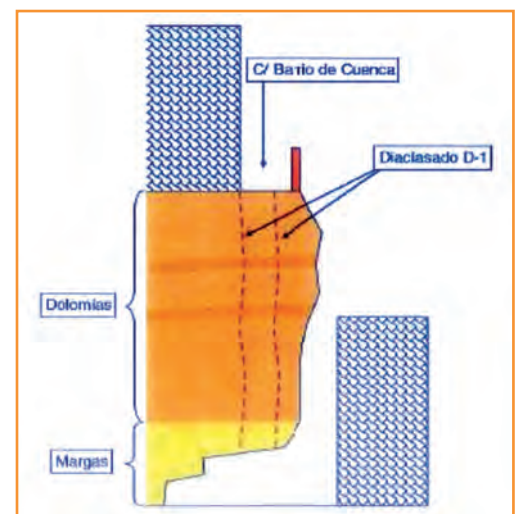


Fernando PUELL (Proyektista),
Noé PASTRANA (Director de Obra), Enrique
CABRERA (Coordinador Seguridad y Salud.)
ORBIS TERRARUM (Spain).

Descripción geológica y geotécnica

El escarpe de roca está formado en su parte superior por dolomías de grado de alteración III-IV con intercalaciones margosas, y por un estrato de margas alteradas en la base de unos 3 m de potencia. Ambos tipos de roca, de características evolutivas, se estaban viendo afectados no solo por el clima del municipio, de inviernos fríos con heladas y veranos secos y calurosos, sino también por la presencia de flujos discontinuos de agua provenientes de tuberías de drenaje y abastecimiento con fugas, generando una degradación tanto física como química (Fig. 1).

Estas condiciones, unidas al diaclasado natural de la roca estaban generando no solo desprendimientos locales de piedras sino además, un vuelco general del bloque delimitado por las diaclasas verticales y paralelas al frente, lo cual se reflejaba a través de grietas en el pavimento de la calle superior, sus encuentros con las fachadas de los edificios anejos y en el peto de protección del vial, coincidiendo con las cuevas presentes (Foto 3).



[Fotos 1 y 2] .- Vista del escarpe desde patio (Izda), y vista interior de la cueva accesible, con plazas de garaje (Dcha).

[Figura 1] .- Esquema de la geología y problemática del talud.



[Foto 3] .- Detalle de diaclasas paralelas al frente del escarpe.

La geometría del bloque descalzado, era de unos 15 m de altura llegando hasta la parte superior del escarpe, 28 m de ancho y diaclasas verticales a unos 6-7 m de profundidad. Por otro lado, la cueva accesible, la más grande, tenía unas dimensiones máximas de 7,3 m de altura, 8,6 m de anchura y una profundidad de 37 m, quedando además justo por debajo de uno de los edificios de la coronación del escarpe. El resto de cuevas, no visitables, al parecer tenían menores dimensiones que la anterior, pero aún así eran de importantes dimensiones y muy próximas entre sí, limitando la transmisión de cargas a través de los hastiales entre las mismas.

Solución adoptada

La solución técnica adoptada tuvo que ser concebida teniendo en cuenta principalmente las grandes limitaciones de acceso y espacio, debido a las condiciones propias de las cuevas y el talud, junto con las del entorno con edificios de viviendas tanto a pie como en coronación, vías urbanas estrechas y con limitación de carga, y la necesidad de trabajar sobre un patio interior con forjado unidireccional concebido únicamente para sobrecargas de uso privado.

Todos los condicionantes expuestos hacían de la obra un auténtico reto técnico de muy alta especialización, pero a la vez la convertían en un trabajo artesanal al tener que acudir a equipos y herramientas de pequeño tamaño, lo que condicionaba la productividad de la obra y, por tanto, sus plazos de ejecución.

Fue necesario planificar el trabajo por fases para no desestabilizar el bloque y mantener las máximas condiciones de seguridad, para lo cual se establecieron unas diecisiete etapas sucesivas. Cada etapa no podía ejecutarse hasta terminarse la anterior. De esta forma, se aseguraba que el trabajo se realizase desde zona segura. Para el fiel cumplimiento de esta

premisas se realizaban supervisiones constantes durante la obra.

Atendiendo a estas limitaciones se diseñaron distintas actuaciones según el acceso por cada uno de los edificios al frente de la zona inestable, distinguiendo dos zonas de trabajo: cueva y patio. En la zona de la cueva se realizaron distintos trabajos. En la entrada de la cueva, de mayores dimensiones, se dimensionó una estructura metálica de pilares y vigas capaz de permitir la transmisión de cargas desde la bóveda a la base estable del sustrato y mantener el espacio para uso de las 4 plazas de garaje existentes. Esta estructura está formada por 3 perfiles HEB-320 en pilares y perfiles HEB-300 arriostrando los pilares para reducir los efectos de pandeo, dada su altura.

Por otro lado, se realizó un refuerzo de los hastiales de la cueva mediante muros de hormigón en masa de 40 cm de espesor, doble mallazo y bulones permanentes de 3 m de longitud mediante barras de 25 mm de diámetro. En ambos hastiales estaban empezando a aparecer, antes de los trabajos, grietas horizontales que mostraban que la roca estaba soportando una carga excesiva. Por último, en la parte de la cueva de menores dimensiones y más profunda se realizó un nuevo gunitado con doble mallazo metálico reforzado con bulones del mismo tipo que en la entrada de la cueva (**Fotos 4 y 5**).

En la parte del talud por encima de la cueva se realizó un gunitado de 10 cm de espesor, reforzado con malla metálica de triple torsión y bulones cortos para coser los bloques inestables del macizo, realizándose estos con alpinistas especializados. El gunitado se ejecutó desde la cubierta del edificio, que lindaba con el frente del talud.

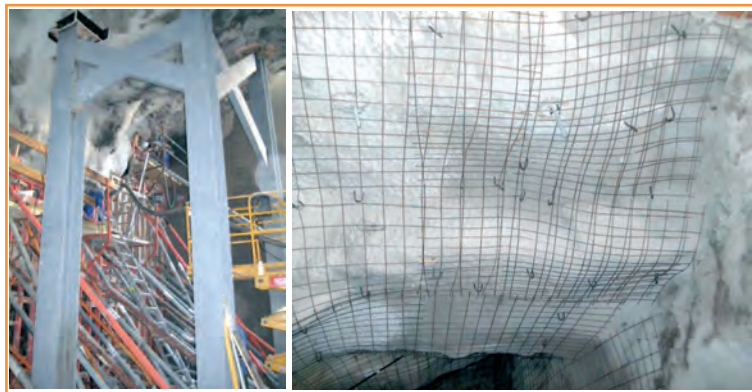
Por otro lado, en la zona del patio, se realizó un gunitado de 10 cm y una serie de anclajes permanentes activos ascendentes, con barras de acero de 40 mm de diámetro, y de una profundidad entre 12 y 15 m, para soportar las cargas del bloque en una zona estable del mismo, dada la inaccesibilidad de las cuevas bajo esta zona del talud. Para poder ejecutar tanto la gunita como las cuatro filas de ancla-

jes, hubo que recurrir al montaje de un andamio especial en toda la altura del escarpe. Además, para la colocación de este andamio, al descansar sobre el patio de la vivienda, con forjado unidireccional, hubo que repartir las cargas más uniformemente y apelar la estructura desde el forjado inferior, el cual tenía un uso como garaje, bajo rasante y estando accesible para los trabajos.

Durante la ejecución de los anclajes, la máquina de perforación, consistente en un mástil y un sistema hidráulico, se fijó al andamio, que actuaba como sistema de reacción, de manera que era capaz de adaptarse a las condiciones de espacio y separación del frente del escarpe (**Fotos 6 y 7**).



[Fotos 6 y 7].- Vistas de la máquina de perforación fijada al andamio.



[Fotos 4 y 5] .- Pilares de la cueva y encofrado de muro de refuerzo de hastial (Izda), y mallazo y bulones en el interior de la cueva (Dcha).

La disposición de los anclajes en las cuatro filas previstas, tuvo que realizarse con inclinaciones y rumbos variables detallados en planos, dado el escaso frente del escarpe disponible, una vez salvada la altura de las cuevas y el muro de gravedad con el que se había tapiado las cuevas con anterioridad (**Foto 8**).

Control y seguimiento en obra

Dadas las posibles incertidumbres del macizo rocoso, y en especial de las dimensiones de las cuevas tapiadas y de las grietas y diaclasas presentes, además de la posible inestabilidad adicional generada en el bloque de roca descalzado durante los trabajos de perforación, se previeron desde fase de proyecto una serie de controles en obra para medir los posibles movimientos del terreno y asientos en las casas.

Antes del inicio de los trabajos, se realizó una serie de visitas técnicas a las viviendas para identificar el estado de conservación estructural de las mismas, que quedó plasmado en un acta notarial. Seguidamente se elaboró un plan de auscultación de movimientos tanto del frente del escarpe como del peto y viviendas de la calle superior, en donde se realizaban lecturas topográficas semanales y se establecían unos umbrales de movimiento, teniendo en cuenta los criterios de daño para cada tipo de estructura. Este seguimiento se realizaba con dianas reflectantes en elementos planos y fisurómetros en las grietas ya abiertas con anterioridad a los trabajos. Durante la obra, y siguiendo las fases definidas en proyecto, los datos mostraron que los movimientos detectados fueron muy poco significativos, inferiores a 3 mm, quedando estabilizados.

Adicionalmente y durante los trabajos, se llevó un control de los materiales de obra, tanto de los fabricados en planta o taller como son hormigón, gunita, acero; como de los elaborados o dispuestos en obra como lechada de inyección o la pintura epoxi de pasivado de acero. Todos estos ensayos quedaron reflejados en el plan de calidad solicitado al contratista.

Por otro lado, en referencia a control de la seguridad y salud de la obra, se solicitó la elaboración de un exhaustivo plan de seguridad en el que se recogía la necesidad de realizar reuniones semanales para informar de los riesgos a los trabajadores, previamente al inicio de cada fase de trabajo. Así, siguiendo esta filosofía, se llevó un control semanal del estado del andamio y se certificó su montaje por un técnico especialista para cada vez que se hacía una ampliación o modificación del anda-



■ **[Foto 8].- Disposición de anclajes y gunita pigmentada.**

mio, para atender a las necesidades de avance de la obra.

Finalmente, se llevó un estricto control de ejecución, en donde la Dirección de Obra actuó de forma muy activa ante la resolución de problemas de obra, realizando propuestas elaboradas, modificaciones y optimizaciones tanto técnicas como económicas, que ayudaron al contratista a mantener una adecuada producción, a la vez que a mantener una óptima calidad de los trabajos ejecutados. En concreto, se elaboró un detallado procedimiento de ejecución de los anclajes, con una serie de medidas a realizar en caso de aparición de cuevas o prevención de excesos de lechada que pudieran perderse a través de las posibles grietas.

Además, en este documento se aprobó el procedimiento para realizar los ensayos de aceptación de los anclajes, realizándose en el 100% de los mismos. El control llevado a cabo durante la ejecución se tradujo en el alto nivel de calidad conseguido en la obra, y en una reducción del plazo inicial previsto.

Resultados y conclusiones

El control realizado se ha traducido en la ejecución de la obra sin ningún tipo de incidencia ni accidente sobre los trabajadores ni el entorno urbano, hito de especial relevancia dada la dificultad de la obra y la posibilidad de inestabilidad durante la misma.

Por otro lado, el control técnico continuo se tradujo en unos excesos de mediciones muy limitados e incluso inferiores a los que las condiciones iniciales de obra podrían hacer pensar, dada la presencia de cuevas, grietas, superficies irregulares tanto en cueva como en el frente de talud.

Para la redacción del proyecto, inicialmente se estudió de forma detallada la situación mediante la recopilación de toda la información disponible, el análisis de la ge-

ología y características del terreno, la realización de un levantamiento topográfico del escarpe y el reconocimiento del estado actual del propio escarpe y de las viviendas colindantes.

Se elaboró un plan de auscultación de movimientos mediante lecturas topográficas y fisurómetros en las grietas ya abiertas con anterioridad. Los datos recogidos mostraron que el desplazamiento lateral fue muy poco significativo, inferior a 3 mm, quedando estabilizados.

Adicionalmente y durante los trabajos, se llevó un control de los materiales de obra, tanto de los fabricados en planta o taller como son hormigón, gunita, acero; como de los

elaborados o dispuestos en obra como lechada de inyección o la pintura epoxi de pasivado de acero. Todos estos ensayos quedaron reflejados en el plan de calidad solicitado al contratista.

Debe remarcar que la ejecución o ampliación de cuevas en entorno urbano debe contemplar la redacción de un estudio previo avalado por un técnico especialista en la materia, que justifique la viabilidad de la excavación y estudie los efectos producidos para que no supongan un riesgo para la población o las viviendas existentes.

Finalmente, se debe hacer especial hincapié en la importancia de las tareas de los técnicos especialistas en fase de proyecto y obra, ya que, dado el bajo presupuesto de estas obras de reparación, no se hace obligatoria una calificación mínima del contratista según la ley de contratación pública vigente. La falta de supervisión del contratista por parte de los técnicos adecuados dejaría la obra en manos de un contratista que priorizaría la producción, quedando mermada la calidad de la obra y por tanto su funcionalidad y durabilidad.

De esta forma, la experiencia y conocimientos necesarios aportados por el equipo de técnicos de proyecto para solventar los problemas o indefiniciones no previsibles inicialmente, añaden un valor extra a la calidad de la obra. □



Cronos, 20 • 28037 Madrid

☎: 916 708 762

E-mail: info@orbisterrarum.es

Web: www.orbisterrarum.es