

EL PAPEL DE LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN LOS GRANDES DESLIZAMIENTOS DE LA AUTOVÍA A7 EN GRANADA

The role of structural geology in the major landslides on the A7 motorway in Granada

Javier González-Gallego^a, Javier Moreno Robles^a, Alberto Fernandez^a, Jose Luis García de la Oliva^a, Carlos de las Heras^a

^a Laboratorio de Geotecnia (CEDEX), Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, España.

RESUMEN – A menudo vemos los grandes deslizamientos como una masa que se mueve independientemente de las condiciones geológicas regionales del entorno, pero éstas son un importante factor condicionante en la génesis de los grandes movimientos de ladera. Las obras de la autovía A-7, en la costa de Granada, han sido muy complejas debido a las particulares características tectónicas, litológicas y orográficas de la zona. En esta zona de las cordilleras Béticas, las pendientes naturales son muy pronunciadas y la heterogeneidad, estructura y características resistentes de los materiales han propiciado la aparición de ciertas patologías, relacionadas con los movimientos de laderas, de grandes dimensiones. La geología estructural de esta zona se caracteriza por una gran cantidad de apilamientos de mantos de cabalgamiento en un área muy reducida. La colisión norte-sur de las placas de Alborán e Ibérica provocó el levantamiento de los materiales metamórficos y sedimentarios. Esta colisión de placas dio lugar a la formación de las cordilleras Béticas con el macizo de Sierra Nevada y la cuenca del Guadalquivir. Este artículo muestra ejemplos de grandes movimientos de inestabilidad de laderas y su relación con la geología estructural de la zona.

ABSTRACT – We often study large landslides as a mass that moves independently of the regional geological conditions of the surrounding area, but these conditions are an important factor in the genesis of large slope movements. The construction of the A-7 motorway on the coast of Granada has been very complex due to the particular tectonic, lithological, and orographic characteristics of the area. In this area of the Baetic mountain ranges, the natural slopes are very steep, and the heterogeneity, structure, and resistant characteristics of the materials have led to the appearance of certain pathologies related to large-scale landslides. The structural geology of this area is characterized by a large number of thrust sheets in a very small area. The north-south collision of the Alboran and Iberian plates caused the uplift of metamorphic and sedimentary materials. This collision of plates led to the formation of the Baetic mountain ranges with the Sierra Nevada massif and the Guadalquivir basin. This article shows examples of large slope instability movements and their relationship with the structural geology of the area.

Palabras Clave – deslizamiento, esquistos, geología estructural.

Keywords – landslides, schists, structural geology.

E-mails: javier.gonzalez@cedex.es (J. González-Gallego), javier.moreno@cedex.es (J. Robles), alberto.fernandez@cedex.es (A. Fernandez), jgarliv@ciccp.es (J. García de la Oliva), cherasmpe@gmail.com (C. Heras)

ORCID: orcid.org/ 0000-0002-6510-9547 (J. González-Gallego), orcid.org/0000-0001-8217-0000 (J. Robles)

1 – INTRODUCCIÓN

La ejecución de las obras de la autovía A-7 en la zona de la costa de Granada, en el tramo entre Adra y Motril, ha sido muy compleja debido a la particular configuración tectónica, lito-estructural y orográfica de la zona.

La autovía A-7 tiene más de 1300 km y recorre todo el litoral mediterráneo de la península ibérica desde Barcelona hasta Algeciras, siendo una de las redes de comunicación más importantes del territorio español. El tramo entre Adra y Motril fue el último en ejecutarse debido a las complejas características geológicas y orográficas de la zona.

Las grandes pendientes naturales de las cordilleras Béticas en esta zona, que llegan hasta el mar, sumadas a la heterogeneidad, estructura y características resistentes de los materiales han provocado la aparición de algunas patologías, relacionadas con el movimiento de laderas, de grandes dimensiones.

En la Figura 1 se muestra una vista obtenida con Google Earth, en la que se ha representado el trazado de la autovía A7 entre las localidades de Motril y Adra. Se aprecia en esta imagen la complejidad del trazado debido a la orografía de la zona, que se trata de un sistema montañoso adyacente al mar de Alborán. De esta forma, las laderas del sistema montañoso tienen una pendiente elevada, en muchas ocasiones más de 30° que llegan hasta la costa. Del mismo modo el buzamiento general de la esquistosidad y los planos de cabalgamiento también es en dirección sur, hacia el mar. Esto hace que, en realidad, muchas de estas laderas estén en movimiento de forma natural, encontrándose habitualmente grandes deslizamientos activos.

El trazado se dispuso paralelo a la línea de costa de forma que, para la construcción de la autovía, que va a media ladera, ha sido necesaria la ejecución de grandes taludes del lado montaña. Estos taludes en muchas ocasiones, debido a la desfavorable orientación estructural, han presentado problemas de inestabilidad de grandes dimensiones.



Fig. 1 – Vista de la orografía del tramo de la autovía A7 entre Motril y Adra.

Desde hace varios años, el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX (Centro de estudios y experimentación de obras públicas) ha participado en el estudio y definición de soluciones para varias de estas patologías.

En esta ponencia se muestran dos casos que ponen de relieve la importancia de las condiciones geológicas regionales en la formación de grandes deslizamientos que afecta a los taludes de la autovía A7.

2 – MARCO GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL

La zona de estudio se localiza en la franja costera mediterránea, al sur de Granada. Desde el punto de vista orográfico está situada en la ladera meridional del macizo montañoso de Sierra Nevada, cuyas estribaciones en la zona sur llegan hasta la costa.

Esta zona está encuadrada dentro del dominio tectónico de las Cordilleras Béticas, caracterizadas por una superposición de mantos de cabalgamiento en orden creciente de metamorfismo. Estos cabalgamientos se produjeron durante la orogenia alpina, a principios del Cenozoico, cuando el choque en dirección norte-sur de las placas de Alborán e Ibérica provocó el levantamiento de los materiales metamórficos y sedimentarios que hoy conforman las Cordilleras Béticas, dando lugar a la elevación de Sierra Nevada y la cuenca del Guadalquivir.

En concreto, el tramo entre Motril y Adra, está, desde el punto de vista geológico, contenido en las cordilleras béticas en el denominado Complejo Alpujárride.

Litológicamente los materiales predominantes son micaesquistos y filitas con alta concentración en micas, con intercalaciones centimétricas a decimétricas de cuarzoesquistos y cuarcitas (Gómez, A. 2012). En algunas ocasiones, debido a los mantos de cabalgamiento, aparecen superpuestos sobre estos materiales, grandes formaciones de mármoles dolomíticos y cuarcitas.

Por tanto se trata de materiales metamórficos de distinto grado, con altos grados de fracturación y esquistosidad muy marcada debido a la alta tectonización que han sufrido.

Las filitas, que son el tipo de esquisto más común en la zona, pertenecen a una unidad de cuarcitas, filitas cuarcíticas y filitas, y calcoesquistos, con presencia local de yesos; a la que se atribuye una edad permotriásica (Cueto, M. 2011). En los sondeos realizados esta unidad aparece, en ocasiones, con grados de alteración muy altos GM IV-V con aspecto de materiales arcillosos poco competentes.

En la Figura 2 se muestra, a modo de ejemplo, uno de los muchos desmontes que se han ejecutado en este tramo. En esta figura se muestra con una línea roja el rumbo de las capas y la dirección de buzamiento. Como se mencionaba anteriormente, debido a la orientación de las laderas, los desmontes del lado montaña son de gran altura y con una configuración estructural desfavorable desde el punto de vista de la estabilidad (Fossen, H. 2010). El rumbo de los estratos es subparalelo al trazado y el buzamiento, en los desmontes del lado norte, es hacia la calzada (sur). Esta configuración geométrica y geológica se mantiene bastante constante en todos los taludes del tramo de la A-7 entre Adra y Motril (González-Gallego et al, 2010).



Fig. 2 – Vista de uno de los grandes taludes de la zona indicándose la dirección de buzamiento y buzamiento de las capas.

Desde el punto de vista geológico, lo más destacable de la zona es la superposición en el espacio de un número elevado de mantos de cabalgamiento, alternándose, en la vertical, capas con diferentes grados de metamorfismo y distintas edades.

En la Figura 3 se muestra una vista de Google Earth combinada con la cartografía geológica elaborada por el IGME (Serie MAGNA 50.000, hoja 1056 Albuñol). En esta figura puede apreciarse como, en esta zona en concreto, hay una gran heterogeneidad de materiales sumada a una orografía abrupta. Destaca en esta figura como, en la zona próxima a Motril, existen grandes capas de mármoles, dispuestos de forma discordante sobre filitas, y en el resto de la traza los materiales son fundamentalmente calcoesquistos, cuarzoquistos y micaesquistos.

Los cabalgamientos, que fueron apilando materiales de sur a norte, provocaron que tanto la esquistosidad como los planos de contacto entre diferentes materiales tengan una dirección de buzamiento general hacia el sur (mar de Alborán).



Fig. 3 – Vista del trazado y orografía de la autovía A7 en la costa de Granada.

En la Figura 4 se puede apreciar un corte, a escala regional, en dirección NNO-SSE del entorno de la zona de estudio. En esta figura se refleja la orientación de la esquistosidad y de los planos de cabalgamiento. Esta disposición estructural, como se ha mencionado con anterioridad, es común en toda la zona de Granada, entre las localidades de Motril y Adra. A parte de las grandes estructuras de mantos de cabalgamiento también hay movimientos intracapa formando escamas de movimiento dentro de las estructuras mayores.

Además, al tratarse de mantos de cabalgamiento, muchas capas están desplazadas respecto a las que las rodean por lo que el ángulo de rozamiento de estas superficies puede ser próximo al residual.

Desde el punto de vista de esfuerzos tectónicos se trata de una zona en la que las tensiones “in situ” están muy condicionadas por los movimientos de choque entre las placas. Tratándose de una de las zonas más activas de la península ibérica desde el punto de vista sísmico.

En la Figura 5 se muestra un extracto del “Stress Map of the Mediterranean, 2016 GFZ Data Service”. En este extracto se ha recogido la zona del estrecho de Gibraltar y la parte al este del mismo. Se muestra en esta figura que, en la zona por donde transcurre la A7, es muy relevante la presencia de los esfuerzos tectónicos. En la actualidad predominan los esfuerzos de fallas normales (rojo), existiendo también, aunque en menor medida inversas (verde) y transformantes (azul).

El predominio de fallas normales indica un régimen distensivo en la zona que contribuye a una mayor facilidad de apertura de diaclasas, infiltración de agua a niveles más profundos y por consiguiente facilita el movimiento de las laderas de forma natural.

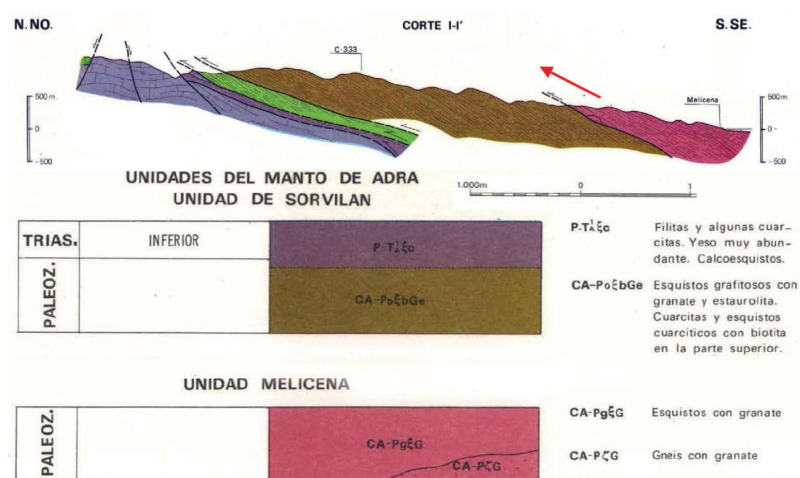


Fig. 4 – Corte SSE-NNO por la zona de estudio, fuente: IGME (Instituto Geológico y Minero de España) Serie MAGNA 50.000, Hoja 1056 Albuñol.

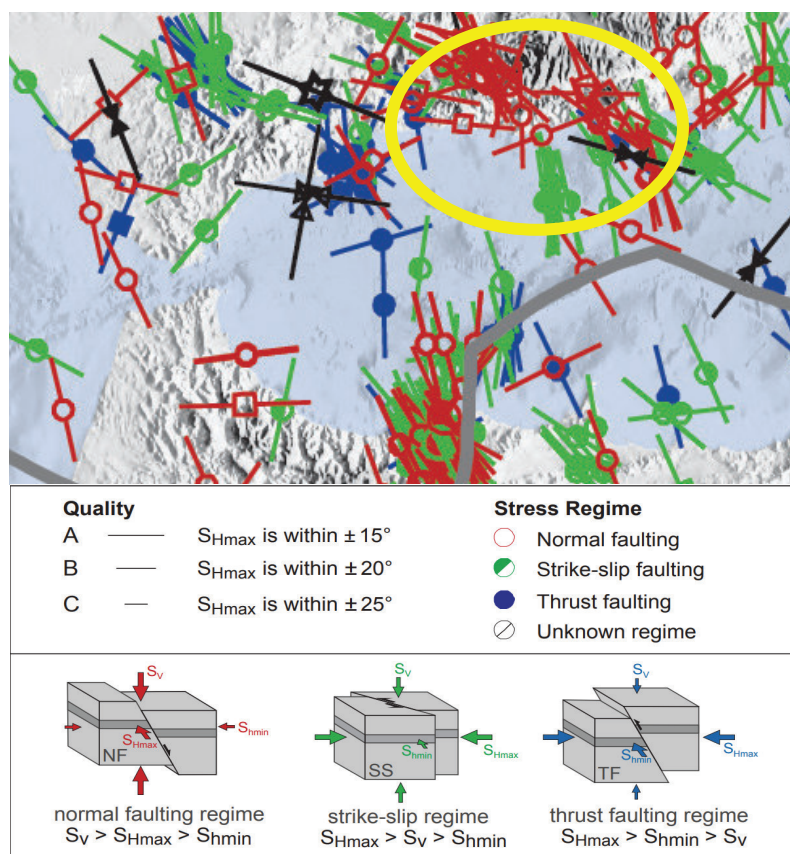


Fig. 5 – Vista del estado de esfuerzos tectónicos en el estrecho de Gibraltar y mar de Alborán. Stress Map of the Mediterranean and Central Europe 2016, GFZ Data Service, doi:10.5880/WSM.

3.1 – Desmonte 32

El talud mostraba claros signos de inestabilidad, grandes grietas que recorrían toda la parte superior al desmante, abombamientos en el mismo y levantamiento del terreno en la zona del pie.

En la Figura 6 se muestra un perfil geológico extraído de la Hoja MAGNA 1056 (Albuñol) de la zona en la que se indica con una flecha la situación de la excavación. En esta figura queda reflejada la disposición estructural de los materiales de la zona con una dirección de buzamiento hacia el mar y pendientes de las laderas naturales bastante pronunciadas. Además, algo más al norte, en la zona izquierda de la Figura 6 se aprecia la existencia de un gran plano de cabalgamiento marcando la orientación estructural general de las capas en toda la zona.

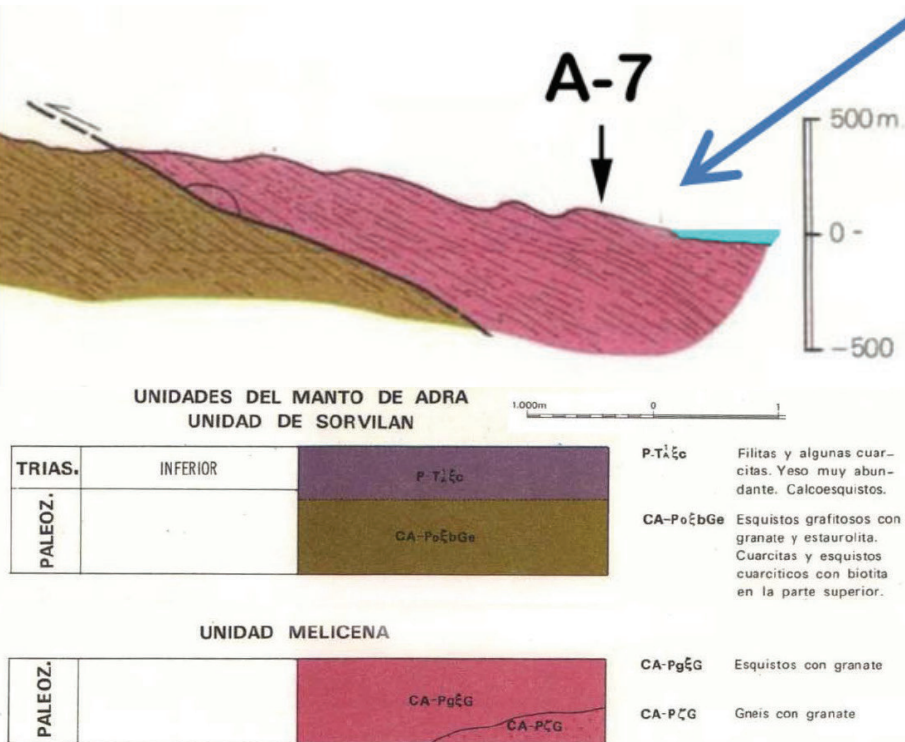


Fig. 6 – Perfil geológico de la ladera del desmante 32. IGME (Serie Magna 1:50000, hoja 1056 Albuñol).

En la Figura 7 se muestra una vista de los esquistos que forman el talud. En esta imagen se aprecia una marcada esquistosidad hacia el sur, alta fracturación e intercalación de materiales más plásticos en los rellenos de las discontinuidades de cabalgamiento.



Fig. 7 – Vista de los esquistos y una superficie de falla inversa.

En la rotura, que se produjo a finales de 2009, se marcó un gran deslizamiento que afectaba hasta una distancia de 250 m hacia la parte superior de la ladera y una anchura de 200 m. En la Figura 8 se ha dibujado la superficie de la ladera afectada por el deslizamiento que, como puede apreciarse, es de grandes dimensiones, afectando a varias instalaciones agrícolas en la zona superior.



Fig. 8 – Vista de la zona afectada por el deslizamiento enmarcada dentro de la línea roja.

En las fotos de satélite previas a la excavación del talud puede observarse como la zona en la cual se ha desarrollado el deslizamiento forma un relieve destacado sobre el resto de la ladera. Esta loma adosada al resto de la ladera se puede interpretar como una escama de cabalgamiento que forma parte de una estructura superior que ha ido desapareciendo por la erosión y arrastre de los materiales

que la conformaban (Figura 9). Tanto la orientación de la esquistosidad y estructuras mayores, como los parámetros resistentes resultados de los movimientos tectónicos que afectaron a los materiales condicionaban claramente la estabilidad de la excavación.



Fig. 9 – Vista previa a la ejecución de las obras de la A7.

Los trabajos de reconocimiento y los posteriores de auscultación del desmonte se llevaron a cabo a lo largo de los años 2010, 2011 y comienzo de 2012, incluyendo en el periodo de control las temporadas de lluvias entre el otoño de 2010 y la primavera de 2011 y el otoño de 2011 y la primavera de 2012.

Consistieron en el control topográfico superficial mediante GPS y la ejecución de 11 sondeos con instalación de inclinómetros y piezómetros. También se realizaron estaciones geomecánicas y se realizó un análisis histórico de fotos de satélite.

Una vez definida la geometría del movimiento y estudiada su cinemática y condiciones de estabilidad la solución ejecutada consistió en retirar peso de la zona superior del talud ajustando la geometría de esta excavación a la de los invernaderos existentes. Esta solución se ha mostrado efectiva y en los últimos 15 años no se han detectado movimientos significativos en el talud.

En la Figura 10 se muestra el desmonte en su estado actual una vez finalizadas las obras de estabilización.



Fig. 10 – Vista del estado actual del talud con la excavación (línea rosa) realizada en la zona superior de ladera.

3.2 – Desmante de Carchuna

El caso del desmante de Carchuna trata de un gran deslizamiento con 80 m de desnivel, 370 m de longitud y 225 m de distancia desde la calzada hasta las grietas de cabecera. Este desmante empezó a construirse en el año 2014 (Moreno, J., González-Gallego, J. 2017). Ya durante las fases iniciales de su excavación se produjeron inestabilidades en el talud. Estas inestabilidades afectaron sobretudo al tercio inferior del talud, a la zona de filitas, en la cual se apreciaban abundantes afluencias de agua.

En la Figura 11 se muestra el talud en fases iniciales de excavación. En esta figura se puede apreciar como los mármoles ocupan la parte superior del talud y su zona este (zona derecha de la figura). Las filitas y esquistos se encuentran bajo los mármoles, y en esa zona puede verse un deslizamiento de tipo circular en la zona central de la imagen que afecta fundamentalmente a filitas en una zona de afluencia de agua.

Se trata de una zona con una geología estructural compleja en la que un cabalgamiento, denominado manto de Murtas, ha superpuesto una capa de mármoles dolomíticos sobre las filitas y los calcosquistos. Además, estos mármoles dolomíticos presentan un alto grado de fracturación y también karstificación por lo que suponen un aporte de agua importante a los materiales subyacentes.

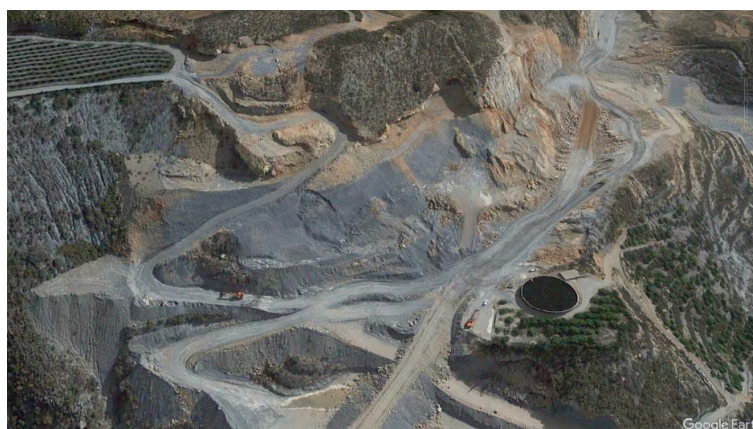


Fig. 11 – Vista de una inestabilidad en el talud durante su ejecución.

En la Figura 12 se recoge una vista en tres dimensiones de la orografía y la geología de la zona. Además, se ha dibujado sobre ella el trazado de la autovía y la indicación del rumbo y dirección de buzamiento de las capas.

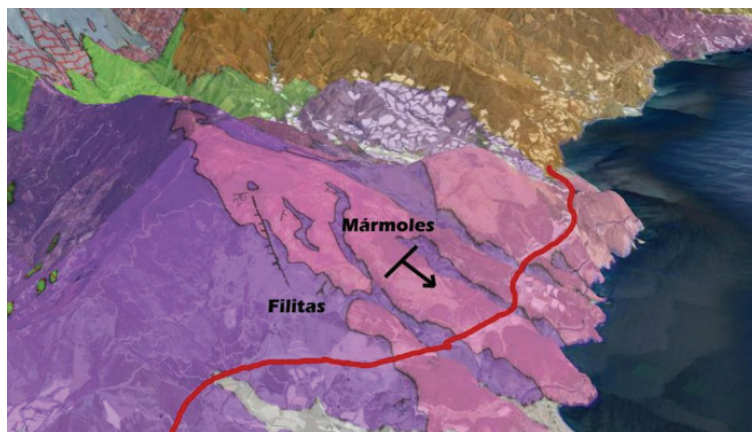


Fig. 12 – Vista de la configuración litológica y estructural de la zona. La línea roja representa el trazado de la autovía A-7. La línea negra representa el rumbo y dirección de buzamiento de las capas.

La ubicación de la excavación del desmonte respecto a los materiales presentes en la ladera se muestra en la Figura 13, en la que se puede ver cómo la trinchera de excavación ha afectado mayormente a los mármoles y en su parte inferior a las filitas. Como puede verse en dicha figura la disposición tanto de los planos de esquistosidad como de la estratificación de los mármoles y el plano de cabalgamiento son desfavorables para la estabilidad del talud del lado montaña. El plano de contacto entre los mármoles y las filitas es discordante, y está muy mecanizado. Así, de manera general, la estructura se caracteriza en esta zona por un contacto entre los mármoles y la filita con un buzamiento de unos 15° hacia el SSO y por una esquistosidad que sigue una dirección casi paralela a la del contacto litológico, pero con un ángulo de buzamiento algo mayor (de hasta 40°).

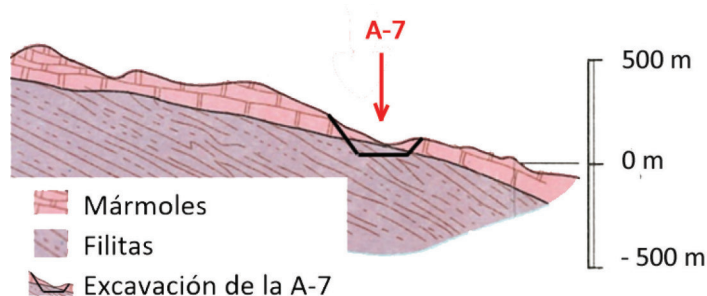


Fig. 13 – Vista de la disposición de mármoles y filitas junto a la trinchera de excavación de la traza.

La disposición oblicua, respecto a la calzada, del contacto entre mármoles y filitas hace que en el talud haya dos zonas claramente diferenciadas. En una de ellas (zona 1) predominan las filitas en la parte inferior, lo que provocó que se generaran deslizamientos en toda esa zona del talud, mientras que en la otra (zona 2) los mármoles llegan hasta el pie de la calzada por lo que al no aparecer filitas en el desmonte no se han producido deslizamientos.

En la Figura 14 se muestra la disposición de ambas zonas, junto al contacto entre filitas y mármoles (línea roja) y también se indica la dirección de buzamiento y buzamiento del plano de contacto entre ambas litologías.



Fig. 14 – Vista de la disposición de mármoles y filitas en el talud.

La zona afectada por el movimiento se muestra en la Figura 15, en la que se ha dibujado el perímetro de las grietas que se formaron en toda la zona, si bien los movimientos en la zona de filitas eran mucho mayores, en la parte de los mármoles también se produjo la abertura de grietas de tracción en la zona superior.



Fig. 15 – Vista del área afectada por el deslizamiento. La línea roja representa el contorno de la zona movilizada.

Para investigar la cinemática del movimiento, sus características geotécnicas e hidrogeológicas se ejecutaron 13 sondeos (10 de ellos se equiparon con inclinómetros y el resto con piezómetros). Además, se instaló una red de 120 puntos de control topográfico y se realizaron estaciones geomecánicas. Posteriormente mediante fotogrametría a través de dron se realizó un modelo 3D de toda la ladera que permitió tener un modelo geométrico de la ladera de alta precisión y evaluar la estabilidad de las zonas de mármoles menos accesibles.

En la Figura 16 se ha recogido, en un perfil hecho por la zona de las filitas, la situación del plano de rotura, los movimientos de los vectores de los puntos de control topográfico y los sondeos que están en ese perfil. Ese perfil, además, refleja la disposición litológica y estructural de los materiales existentes en el talud.

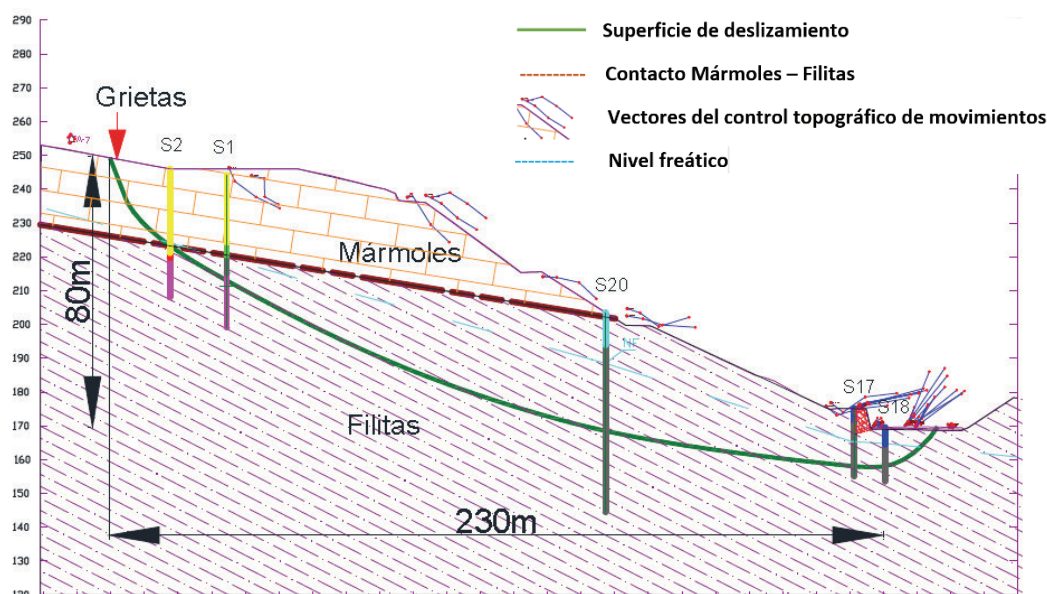


Fig. 16 – Perfil de la ladera con superficie de rotura y vectores de movimiento superficial.

Esta disposición asimétrica, de filitas y mármoles respecto a la calzada, hace que el deslizamiento tenga salida en la zona en la que las filitas afloran en la calzada, mientras que en la zona de los mármoles éstos llegan hasta el pie del talud y el plano de contacto entre ambas formaciones no tiene salida.

Debido a esta disposición estructural se produjo un movimiento rotacional horizontal en el que los mármoles actúan como eje de rotación sobre el que deslizan las filitas tal y como se muestra en las Figura 17 y Figura 18. En la Figura 17 se muestran los vectores de movimiento controlados por topografía, y puede apreciarse como en la zona lejana a los mármoles la velocidad es mucho mayor que en los puntos más cercanos a ese eje de rotación. Así, además de tener una superficie de rotura típica de deslizamiento circular, el movimiento global del terreno presenta una componente de giro horizontal en torno a la zona en la que los mármoles ocupan todo el talud.

En la Figura 18 puede apreciarse como los mármoles, en la zona inferior derecha de la imagen llegan hasta la calzada por lo que las filitas no afloran en esta zona. Al no aflorar las filitas en esta zona los mármoles no deslizan sobre ellas ya que la superficie de deslizamiento está bajo la calzada y no sobre ella como ocurre en la zona donde afloran las filitas.

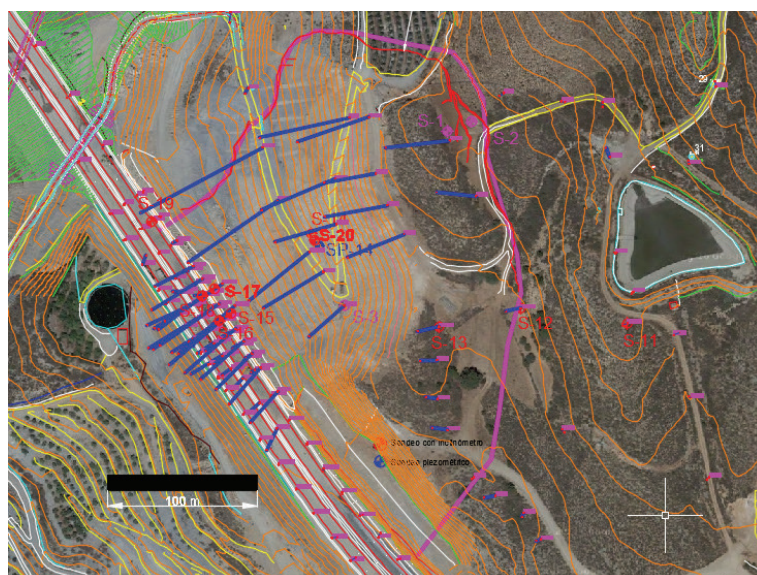


Fig. 17 – Las líneas azules representan los vectores de movimiento superficial controlados por topografía. La línea rosa representa el contorno de la zona movilizada.

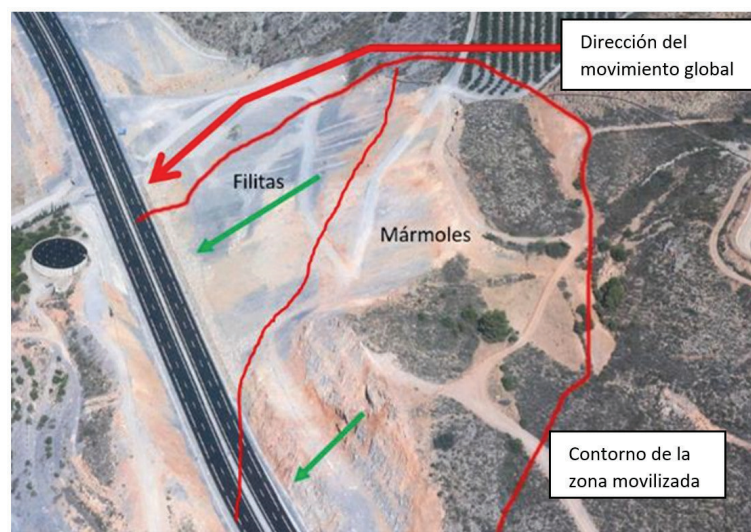


Fig. 18 – Representación del movimiento de giro del deslizamiento.

Con el modelo 3D obtenido por fotogrametría se pudo modelizar y calcular con MIDAS GTS NX v. 2016 la cinemática y estabilidad de la ladera. MIDAS GTS NX es un programa de elementos finitos todo en uno, enfocado a resolver problemas 3D y 2D de geotecnia. En la Figura 19 se muestra una imagen extraída del modelo de cálculo en la que puede observarse claramente la disposición oblicua del contacto entre filitas y mármoles. En la misma figura se ha representado la remodelación geométrica que ha formado parte de la primera fase de estabilización del talud. Esta primera fase consistió, fundamentalmente, en quitar peso de la zona superior, excavando gran parte de los mármoles y hacer una pequeña excavación en la zona inferior dejando un espacio entre la calzada y

el pie del talud. Esta pequeña excavación se pretendía que trabajara como zona fusible, creando un punto débil para que el pie de la rotura saliera por ahí y no afectara a la calzada. Esta solución ha funcionado muy bien y el pie del deslizamiento tiene salida ahora por esa zona sin afectar a la calzada.

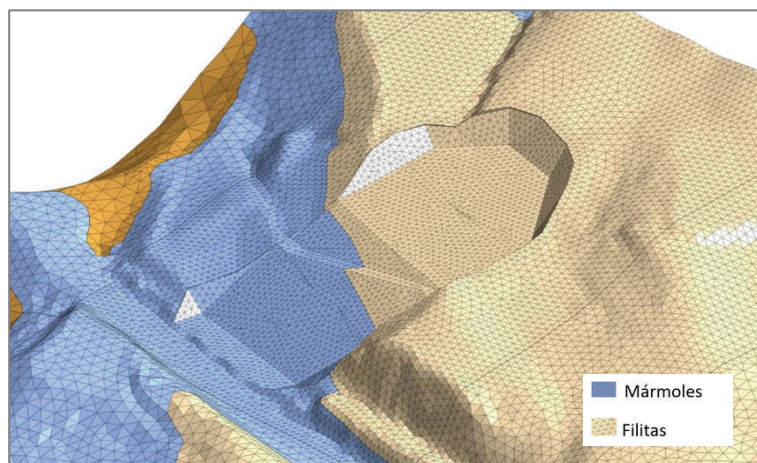


Fig. 19 – Vista del modelo de cálculo 3D de MIDAS GTS NX v.2016 en la que se aprecia la disposición oblicua del contacto filitas-mármoles.

Finalmente se muestra en la Figura 20 una vista del estado actual del talud (2025) una vez ejecutada la excavación que ha supuesto la primera fase de estabilización de la ladera. En esta figura se pueden ver claramente las diferentes partes del talud. En la zona izquierda de la imagen se pueden apreciar las filitas (color gris) en la zona inferior del talud. Dentro de las filitas se aprecia una zona de afluencia de agua, justo en el contacto con los mármoles y que ha provocado el crecimiento de vegetación en esa zona. Por encima de esa zona de filitas se encuentran los mármoles (tonos amarillentos y ocre) que en su mayor parte han sido excavados para quitar peso de la parte superior del deslizamiento.

En la zona derecha de la imagen se puede ver, con taludes mucho más verticales y una berma intermedia, el macizo de mármoles dolomíticos. Como se ha mencionado anteriormente en esta zona los mármoles llegan hasta el pie del talud sin que lleguen a aflorar las filitas que están bajo ellos.



Fig. 20 – Vista del estado actual del talud en 2025.

4 – CONCLUSIONES

Las obras de la autovía A-7, entre las localidades de Motril y Adra, se han visto dificultadas por las particulares características tectónicas, litológicas y orográficas de la zona.

Los mantos de cabalgamiento que se formaron durante el choque de las placas Ibérica y del mar de Alborán provocaron una superposición de materiales metamórficos, de bajo y medio grado, con una disposición estructural desfavorable para los grandes taludes, que era necesario ejecutar debido a la abrupta orografía de la zona.

Dentro de la variada casuística de deslizamientos existente en la zona se han presentado dos casos por su singularidad geológico-estructural y su cinemática.

En el caso del desmonte 32, éste se excavó sobre una escama de cabalgamiento adosada a la ladera. Estos materiales debido a su génesis presentan, además de una orientación desfavorable, una elevada esquistosidad, fracturación y bajos ángulos de rozamiento.

El desmonte de Carchuna destaca por haberse excavado en unos mármoles que están cabalgando sobre las filitas en un contacto mecánico discordante. Además, la orientación oblicua del contacto entre ambos materiales provocó un giro inusual en el plano horizontal de toda la masa deslizada.

En ambos casos se acometieron trabajos de estabilización, que han resultado efectivos, y que consistían fundamentalmente en modificaciones geométricas adaptadas a las características litológicas, orográficas y estructurales del terreno.

5 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cueto, M. (2011) *Comportamiento geotécnico de los materiales esquistosos alpujárrides en la autovía del mediterráneo (A-7)*. Máster en Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (CEDEX).
- González-Gallego, J.; García de la Oliva, J.L.; De las Heras, C. (2010) *Estudio de la patología, trabajos de estabilización y comportamiento posterior de un gran desmonte de la autovía A-7 (Granada)*. 10 Simposio Nacional de Ingeniería Geotécnica (La Coruña).
- González-Gallego, J.; García de la Oliva, J. L.; De las Heras, C. (2013) *Estudio de los problemas de inestabilidad y medidas correctoras propuestas para el desmonte 32 en el tramo Polopos-Albuñol de la autovía del Mediterraneo, a-7, en la provincia de Granada*. VII Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables. Palma de Mallorca.
- Gómez, A. (2012) *Análisis de la problemática geotécnica de los túneles de los Ramoncillos, autovía A-7 Granada*. Master en Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (CEDEX).
- Fossen, H. (2010) *Structural Geology*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. ISBN-13 978-0-511-77282-5.
- Google Earth pro Versión 7.3.6 (2024).
- Heidbach, O.; Custodio, S.; Kingdon, A.; Mariucci, M. T.; Montone, P.; Müller, B.; Pierdominici, S.; Rajabi, Reinecker, J.; Reiter, K.; Tingay, M.; Williams, J.; Ziegler, M. (2016). *Stress Map of the Mediterranean and Central Europe 2016*, GFZ Data Service. <https://doi.org/10.5880/WSM.Europe2016>
- Mapa Geológico de España. IGME Serie Magna. 1:50.000 Albuñol hoja 1056.
- Midas GTS NX v.2016 (Seúl, Corea).
- Moreno, J.; González-Gallego, J. (2017). *Análisis de la patología de un desmonte en la autovía A-7. Granada*. 17º Jornadas SEMSIG-AETESS.

