

ARGILITAS EXPANSIVAS DE UN TÚNEL DEL TREN DE ALTA VELOCIDAD (BARCELONA - LÉRIDA)

E. TAULER ⁽¹⁾, D. TARRAGO ⁽²⁾, I. BERDUGO ⁽²⁾, A. DEU ⁽²⁾ Y J.C. MELGAREJO ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales, Fc. Geología, Universidad de Barcelona*

⁽²⁾ *Departamento de Ingeniería del Terreno, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Catalunya*

INTRODUCCIÓN

En la zona de Montblanc (Tarragona) se están construyendo unos túneles para el tren de alta velocidad que unirá Lérida con Barcelona. El túnel ha sido construido en los materiales de la depresión del Ebro situados entre la Sierra de Miramar y el límite nor-oriental de la Sierra de Prades.

Los materiales terciarios de la Depresión del Ebro se dividen en las siguientes formaciones: los más antiguos que aparecen en la zona son la Formación Mediona y la Formación Orpí. Por encima de esta última formación se sitúa el Complejo Ulldemolins y la Formación Morera, que forman el Grupo Cornudella.

El túnel atraviesa el Complejo Ulldemolins, entre las poblaciones de Vilaverd y Lilla. Este complejo, que se caracteriza por una gran variabilidad lateral en sus litotipos, presenta una serie tipo formada por materiales basales carbonáticos, un tramo inferior evaporítico y un tramo final terrígeno localmente conglomerático. El complejo Ulldemolins es, según Colombo (1986), el reflejo sedimentario de un conjunto de llanuras lutíticas con charcos de agua que permitían el desarrollo de sedimentación tipo lacustre con zonas palustres de extensión variable. Los litotipos evaporíticos representan la existencia de una llanura fangosa en un contexto tectónicamente tranquilo, que hacia el tramo final experimenta cambios de tranquilidad, deducidos a partir de los niveles detríticos más groseros.

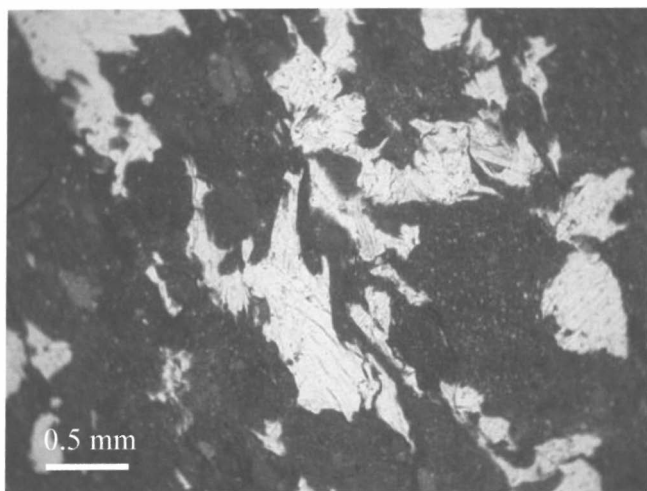


Figura 1: Lámina delgada de la muestra del PK 411+880 (6,6-6,9) (NP)

La documentación utilizada indica que el túnel de Lilla transcurre en su totalidad por argilitas anhidríticas con abundantes vetas de yeso fibroso orientadas a favor de la fracturación, con inclinaciones moderadas, frecuentemente cruzándose en aspa-. La sobrecarga varía entre 40 y 120 m y sólo en los niveles más superficiales está integrada por margas y calizas del Eoceno Medio.

Las primeras manifestaciones de problemas en el túnel se produjeron en septiembre-octubre de 2002 y consistieron en elevaciones y abombamientos de la solera en las abscisas 411+598, 411+685 y 412+540. Al mismo tiempo, se observaron distorsiones en el drenaje longitudinal central que evidenciaron movimientos ascensionales de la solera en la práctica totalidad del túnel (Alonso et al 2004).

En este trabajo se presenta una descripción mineralógica de las muestras del sondeo del PK 411+880 que se ha realizado en el interior del túnel para averiguar los posibles mecanismos o transformaciones mineralógicas de las muestras que han podido producir estas elevaciones y abombamientos en los materiales del túnel.

En los sondeos se aprecia, además, que las zonas más deformadas presentan una fracturación muy intensa y penetrativa (fallas inversas o

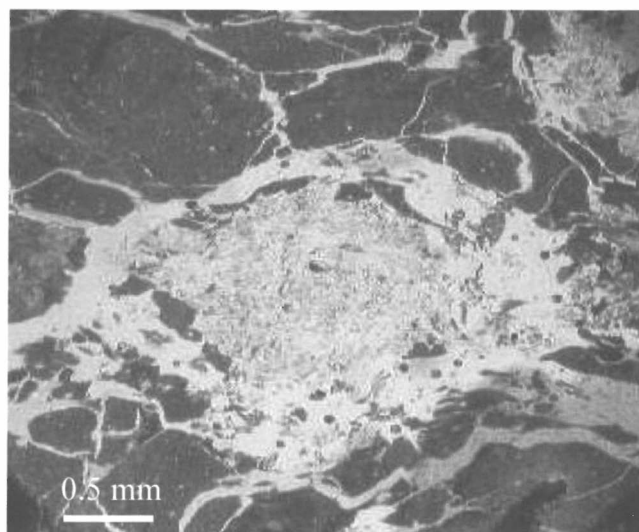


Figura 2: Lámina delgada de la muestra del PK 411+880 (2-2,3) (NP)

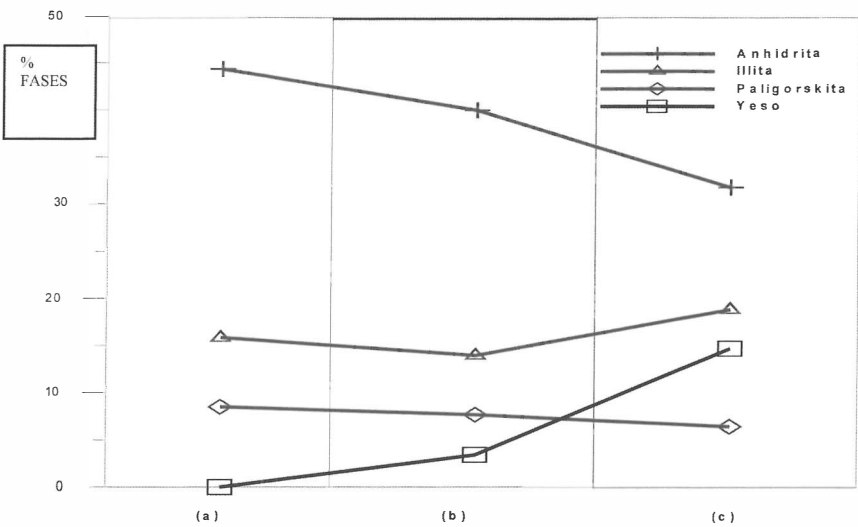


Figura 3: Porcentaje de fases minerales del PK 411+880 a diferentes profundidades y condiciones: (a) 6,6-6,9 m ; (b) 6,6-6,9 m alterada en el laboratorio; (c) 2 – 2,3 m.

cabalgamientos), y que se encuentran rellenas de cristales prismáticos de yeso, de formación muy reciente. Estas fracturas cortan las unidades anteriores formando 2 ángulos de buzamiento aproximados: entre 25 y 35° y entre 60 y 75°.

METODOLOGIA Y RESULTADOS

La identificación de las fases minerales se ha realizado mediante difracción de rayos X (DRX) con el método de polvo y de los agregados orientados. Mediante el programa Diffract y la base de datos JCPDS, se han identificado las fases minerales presentes en las muestras. El análisis cuantitativo de las fases minerales se ha realizado mediante el ajuste de perfil de DRX (Método de Rietvel), con el programa Topas ((Topas 2003).

Todas las muestras han sido incluidas en resina epoxi y cortadas utilizando aceite como lubricante en la preparación de la lámina delgada para evitar la disolución de fases minerales solubles o inestables en agua.

Fragmentos de 1mm aproximadamente de roca han sido estudiados mediante microscopia electrónica de barrido SEM-EDS y FE-SEM para observar la textura y localización de las fases minerales en las muestras.

Mineralogía del PK 411+880 entre 6,6 – 6,9 metros de profundidad respecto a la solera: La muestra no presenta indicios de alteración. Esta formada por una roca

muy compacta y sin porosidad aparente. Se distingue una parte de matriz (arcillosa-margosa) rojiza y otra parte cristalina entre gris y blanquecina (seguramente un sulfato cálcico) (Fig. 1). Las fases minerales detectadas mediante DRX con el método de polvo y de los agregados orientados son: anhidrita, dolomita, illita, esmectita y palygosrkita. Los resultados del análisis cuantitativo de las fases minerales (sin tener en cuenta la esmectita) con el método de ajuste de perfil son: 44,32% anhidrita, 31.32 % dolomita, 18,85 % illita y 8,51% palygosrkita.

Mineralogía del PK 411+880 entre 2 – 2,3 metros de profundidad respecto a la solera.: la muestra esta alterada con pátinas blancas y con muchas fracturas en la matriz (Fig. 2).Corresponde a una profundidad de 2 a 2,3 metros, por lo tanto en la zona donde existieron las expansiones en el túnel. Las fases minerales son: anhidrita, dolomita, illita, yeso, esmectita y palygosrkita. Los resultados del análisis cuantitativo de las fases minerales con el método de ajuste de perfil son: 31,75% anhidrita, 28,38% dolomita, 14,66 % yeso, 18,85 % illita i 6,4% palygosrkita.

La variación de las fases minerales de este sondeo se representa en la figura 3.Se incluye también los resultados del análisis cuantitativo de la muestra de profundidad 6,6-6,9 m, sometida en el laboratorio a condiciones de humedad relativa del 90%. Se observa una disminución de anhidrita y un correspondiente aumento de yeso

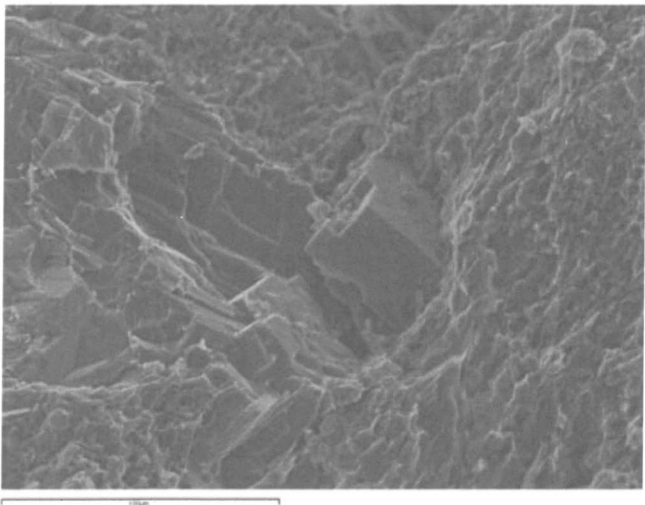


Figura 4: Cristales idiomórficos de anhidrita

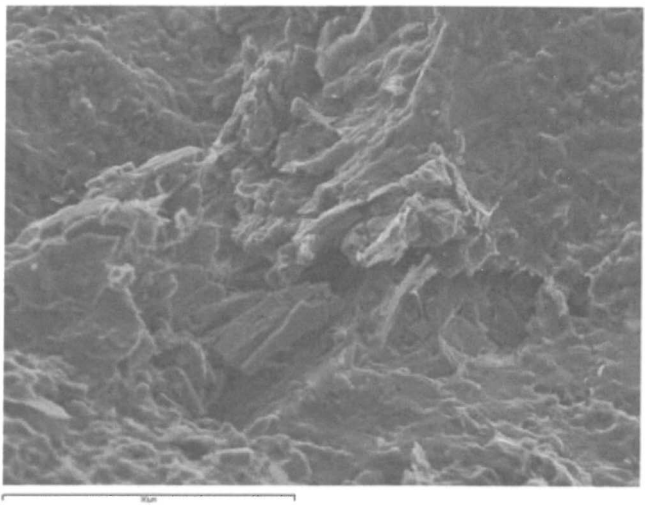


Figura 5: Cristales de anhidrita disueltos

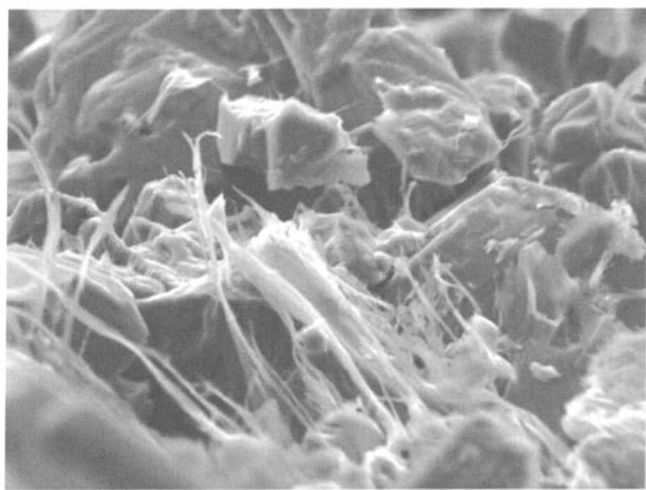


Figura 6: Cristales de palygorskita con dolomita

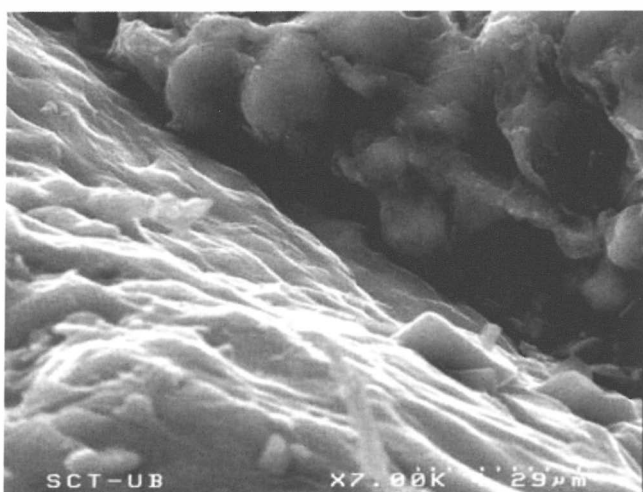


Figura 7: Plano de falla con esmectita en estructura «Honey comb»

en función de la profundidad de la muestra y del grado de alteración. La palygorskita no presenta variaciones significativas y la illita un ligero aumento. En el análisis con SEM de la muestra del PK 411+880 (2 a 2,3) se observan los cristales de anhidrita idiomórficos, de 100 µm, con exfoliación característica y sin alteración ninguna, recubiertos por la matriz. En la matriz no se observan fracturas ni procesos de alteración o transformación de las fases minerales (Fig. 4).

En la muestra del PK 411+880 (6,6 a 6,9) los cristales de anhidrita ya no son idiomórficos y se ven parcialmente disueltos (Figura 5). Aparecen muchas fibras de palygorskita formando la típica estructura en forma de «ramas de árbol» (Fig. 6) que parece que crezcan a expensas de los cristales de anhidrita.

También se observan pequeños espejos de falla, representados por superficies muy reflejantes, que presentan en sus paredes estructuras «honey comb» correspondientes a la presencia de esmectita (Fig. 7).

Algunos cristales de anhidrita presentan estructuras de disolución claramente relacionadas con las direcciones de exfoliación del mineral (Fig. 8) y en cambio los cristales de yeso detectados son idiomórficos, transparentes y sin estructuras de disolución, y están localizados en planos de discontinuidad (Fig. 9).

CONSIDERACIONES FINALES

Una primera interpretación de los mecanismos para explicar el comportamiento de estas argilitas ya fueron presentados, Tarrago (2005). Los resultados actuales nos permiten proponer que las causas de estas expansiones son: cambios en las condiciones de humedad relativa (estacionales o no) de las argilitas con la apertura del túnel, circulación de aguas meteóricas y de construcción del túnel.

Estas causas han cambiado las condiciones físico-químicas de las fases minerales que forman las argilitas. Las esmectitas (un 10% aproximadamente; resultados obtenidos del análisis semicuantitativo a partir de los agregados orientados de la muestra tratada previamente con EDTA) localizadas en planos de discontinuidad se han expandido y han provocado formación de fracturas y mejor circulación del agua. Esta ha provocado la disolución de cristales de anhidrita, posteriormente el agua saturada con sulfatos ha precipitado en forma de yeso en discontinuidades o cavidades.

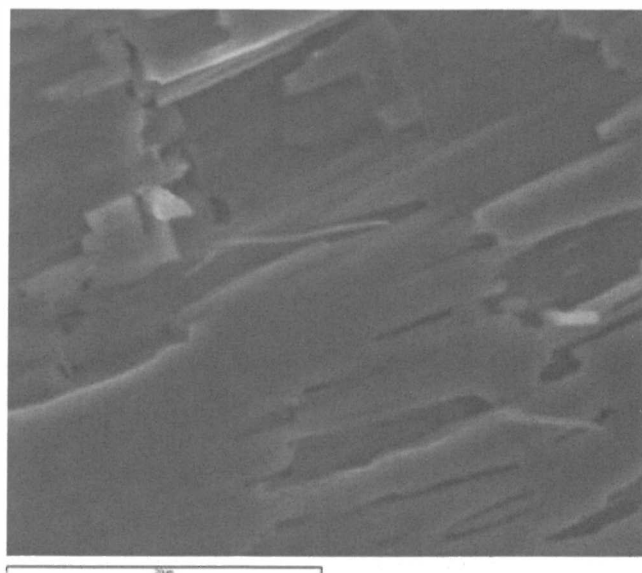


Figura 8: Estructuras de disolución en anhidrita

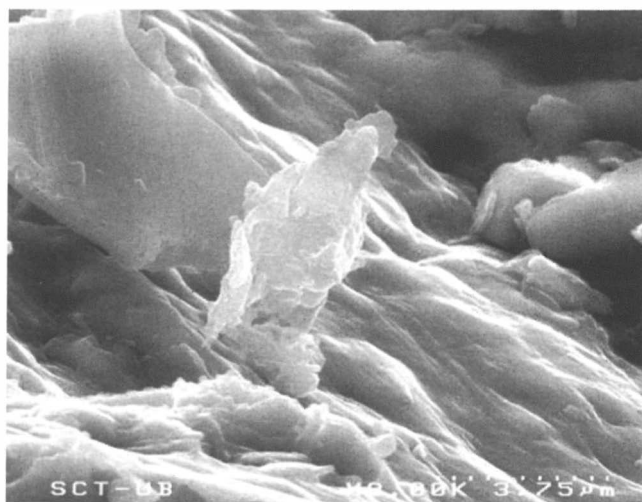


Figura 9: Cristal idiomorfo de yeso en superficie de discontinuidad

No se descarta que pudiera haber alguna transformación de los minerales de la matriz, teniendo en cuenta las condiciones de pH elevadas que proporcionan las aguas de lavado del hormigón. Se ha iniciado un estudio sobre la transformación palygorskita-esmectita en condiciones de alcalinidad y temperatura que se presentará más adelante.

Todos los procesos de cambio mineralógico de anhidrita a yeso se suponen isovolumétricos en este trabajo y sólo podría provocar expansión la generación de yeso por presiones de cristalización en discontinuidades o en porosidad, estas presiones se quieren medir en un futuro en el laboratorio con los materiales y agua del macizo de Lilla.

REFERENCIAS:

- Alonso, E.E., Berdugo, I.R., Gens, A. & Romero, E.E. (2004). Proc. EUROCK 2004 & 53rd Geomechanics Colloquium. Schubert (ed.) © 2004 VGE. In press.
- Colombo, F. Cuadernos de Geología Ibérica. Vol. 10, pp. 55-115. Madrid 1986.
- Tarragó, D., Déu, A., Berdugo, I., Melgarejo, J.C., Tauler, E., (2005). Actas del XV Congreso Geológico Argentino CD-ROM Artículo Nº 786. 8pp.
- Topas, (2003). General Profile and Structure Analysis Software for Powder Diffraction Data, V2.1, Bruker AXS GmbH. Karlsruhe, Germany.