

# Influencia de la Mineralogía en la Durabilidad de las Rocas Blandas: Aplicación a Taludes en Gipuzkoa

/ JOAN MARTINEZ-BOFILL (1,3,\*), ALBERT SOLER GIL (2), ESPERANÇA TAULER FERRÉ (2), JORDI COROMINAS DULCET (1), NEUS OTERO PEREZ (2), JORDI AGELET CANO (2)

(1) Departament d'Enginyeria del Terreny. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. C. Jordi Girona, sn. Barcelona (España)

(2) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. C/Martí Franquès, sn. Barcelona (España)

(3) Geomar Enginyeria del Terreny, SLP. C. València, 1 subsòl local 12. 08015. Barcelona (España)

## INTRODUCCIÓN.

Los taludes excavados en las carreteras y vías que cruzan rocas arcillosas o blandas experimentan procesos de degradación de forma más o menos rápida. Este hecho tiene una incidencia económica en las labores de mantenimiento de la red viaria y también sobre la seguridad de la misma.

Las rocas arcillosas son el tipo más común de rocas sedimentarias. Este tipo de rocas pueden ser denominadas de maneras muy diversas como argilitas, limolitas o margas, y representan cerca de dos tercios de la columna estratigráfica (Blatt, 1982). Este trabajo surge a raíz de la observación de patologías en taludes de carretera excavados en rocas arcillosas o rocas blandas.

En nuestra geografía se presentan con frecuencia alternando con bancos de areniscas y calizas. Las argilitas y limolitas pueden tener contenidos variables de fracción arena y de carbonato de calcio y de magnesio. Por este motivo, existe una gradación con las areniscas (wackes, grauvacas, arcosas y areniscas) y con las calizas (lutitas calizas, margas y calizas arcillosas). No existe, sin embargo, una clasificación completa y coherente que relacione las argilitas, limolitas, fangolitas y margas entre sí, teniendo en cuenta la fracción arena y el cemento, ni que las relacione con las calizas y areniscas (Martinez-Bofill et al., 2008).

La falta de consenso y de criterios bien establecidos es aun más evidente en la clasificación de las rocas blandas y evolutivas, que contienen fracciones importantes de minerales arcillosos. El objetivo del presente trabajo es

identificar las características mineralógicas y texturales que condicionan la alterabilidad de las rocas arcillosas en taludes. Los resultados aquí expuestos forman parte del "Proyecto de investigación sobre la degradación de los taludes en rocas blandas. Aplicación a los desmontes entre los P.K. 413,065 y 414,650 de la N-I y entre los P.K. 3,700 y 4,710 de la GI-632", en los municipios de Idiazábal y Ormaiztegui, financiado por la Dirección Foral de Guipúzcoa. Estos taludes están situados en la zona climática denominada vertiente atlántica del País Vasco.

## METODOLOGÍA.

Se han obtenido 25 muestras a partir de testigos de sondeo de 86 mm de diámetro, obtenidos mediante sonda geotécnica montada sobre orugas. Los testigos han sido sellados y parafinados en el campo una vez extraídos con el fin de preservar las condiciones iniciales.

Se ha caracterizado la durabilidad de las muestras utilizando el ensayo Slake Durability Test (SDT). Este es el ensayo de referencia de la ISRM para caracterizar la durabilidad de las rocas (ISRM, 1981) el cual ha sido modificado de acuerdo con (Martínez-Bofill et al., 2004). Consiste en medir el porcentaje de material que se pierde a través de un bombo cilíndrico, cuyas paredes laterales están formadas por una malla metálica con abertura normalizada de 2 mm. El tambor se sumerge en agua hasta la mitad de su eje, y se somete a rotación durante 10 minutos a una velocidad de 20 rpm. El porcentaje de material retenido corresponde al índice de durabilidad del material para cada ciclo de ensayo. En nuestro caso se han realizado cinco ciclos de durabilidad sobre cada muestra. Se han realizado

ensayos SDT sobre tres grupos de muestras: a) muestra intacta, b) muestra envejecida en 15 ciclos de congelación, c) muestra envejecida en 15 ciclos de humectación.

Las muestras han sido caracterizadas mineralógicamente y químicamente mediante microscopía óptica en lámina delgada, Fluorescencia de rayos X, Difracción de rayos X según el método de polvo (DRX) y agregados orientados. Las fases minerales se han cuantificado mediante el ajuste del perfil según el método de Rietveld. Así mismo, también se ha determinado el contenido en carbonato mediante calcimetría de Bernard. Se ha determinado el volumen de poros mediante porosimetría de adsorción de nitrógeno, con el método BJH, y la densidad en picnometría de helio. De la relación entre el volumen de poros y el volumen de las muestras se obtiene la porosidad de las mismas. Finalmente, se ha estudiado la textura y mineralogía de muestras representativas mediante microscopía electrónica de barrido con analizador de energías dispersivas (SEM-EDS).

## RESULTADOS.

Las formaciones rocosas aflorantes en los taludes de las variantes de Idiazábal y Ormaiztegui consisten en la alternancia de argilitas-limolitas con limolitas y areniscas-calizas, según la clasificación de campo. La clasificación petrográfica indica que se trata de materiales detríticos, que corresponden a wackes arcillosos y wackes arenosos, respectivamente. Los primeros son los más abundantes, representando más del 70% de los materiales aflorantes en los desmontes.

En la Tabla 1, se presenta la composición mineralógica de las muestras obtenida mediante análisis

**palabras clave:** Mineralogía, Durabilidad, Cementación, Rocas Blandas

**key words:** Mineralogy, Durability, Cementation, Weak Rocks

cuantitativo por DRX. Se han dividido las fases minerales en tres grupos que son: esqueleto detrítico, cemento carbonatado y matriz arcillosa de filosilicatos. Dentro de la fracción esqueleto se han sumado los contenidos de cuarzo y feldespatos. En la fracción cemento carbonatado se han sumado las proporciones correspondientes a calcita y ankerita. Estos minerales están íntimamente mezclados con la matriz fina arcillosa, y en algunos casos se observa como cementan a la fracción detrítica. Finalmente la tercera parte está formada por los filosilicatos presentes en la muestra, que constituyen la matriz arcillosa.

En todas las muestras analizadas se ha detectado la presencia de illita/moscovita como fases principales en la matriz arcillosa, con un claro predominio de la moscovita, así como la presencia de clorita férrica (chamosita) en muy baja proporción. En menor proporción se ha detectado la presencia de un interestratificado illita-esmectita en las muestras en forma de agregado orientado que no se ha podido cuantificar.

El estudio de la porosidad indica que la porosidad efectiva de la mayor parte de las muestras es baja, con valores comprendidos entre el 0,28 y 0,85%. Tan solo en dos muestras se ha obtenido un valor de porosidad mayor de 2,13 - 2,14%.

El estudio de las muestras mediante SEM-EDS ha puesto de manifiesto que la cantidad de cemento es baja, pero que aún así, este consigue interpenetrar entre los poros, ligando de forma relativamente efectiva los granos de cuarzo y también los filosilicatos (Fig. 1).

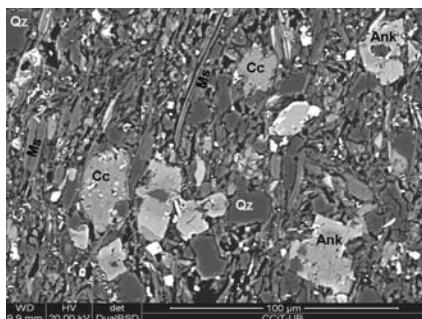


fig 1. Imagen de BSE-SEM de cemento de calcita (Cc) y ankerita (Ank) ocupando la porosidad y ligando los granos de cuarzo (Qz) y moscovita (Ms) de tamaño limo.

La mayor parte de las muestras de argilitas y limolitas (wackes y wackes arcillosos) presentan un grado de alterabilidad moderado que se traduce en la fisuración y lajamiento progresivo

MUESTRA	cuarzo % en peso	∑ feldespatos % en peso	∑ filosilicatos % en peso	∑ carbonatos % en peso
IM-2	28.1	1.2	51.2	19.5
IM-3	30.7	0.6	49.6	19.1
IM-5	34.1	2.2	47.6	16.2
IM-6	34.4	1.5	47.4	16.8
IM-8	35.4	2.3	48.2	14.2
IM-9	29.7	1.8	52.7	15.8
IM-11	36.0	2.1	47.5	14.4
IM-12	30.9	2.5	49.3	17.4
IM-13	33.8	0.0	49.9	16.4
IM-15	39.7	1.4	39.9	19.1
IM-16	30.4	1.8	53.8	14.1
IM-17	50.4	2.5	31.7	15.4
IM-18	29.1	2.0	59.9	8.9
OM-2	34.6	2.9	41.6	20.9
OM-4	28.9	1.9	54.3	14.9
OM-5	29.2	1.1	40.5	29.3
OM-6	33.9	1.7	48.0	16.7
OM-8	33.3	3.1	47.3	16.4
OM-9	27.1	3.6	49.6	19.7
OM-10	29.9	1.7	51.5	16.9
OM-12	35.2	2.9	50.3	11.5
OM-13	30.8	1.9	50.3	17.1
OM-15	34.8	2.5	53.7	9.0
OM-18	57.5	6.2	23.9	12.4
OM-19	33.8	2.7	51.7	11.8

Tabla 1. Análisis mineralógico cuantitativo por DRX de las fases minerales

a medio plazo de las rocas aflorantes en los taludes excavados. Las rocas no se descomponen completamente para dar arcilla o limo, sino que se fisuran para dar fragmentos prismáticos y lajas.

El índice de durabilidad (Id) determinado mediante SDT indica que todas las muestras sin excepción tienen un Id del segundo ciclo (Id2) por encima del 90% y 15 de ellas, más de las dos terceras partes, superior al 95% poniendo de manifiesto un comportamiento durable de los materiales. Sólo una de las muestras (IM-13) tiene un valor inferior al 80% en el quinto ciclo (Id5). Los resultados del Id5 de las muestras envejecidas mediante ciclos de congelación y deshielo dan lugar a una separación más evidente de los comportamientos. Así, las muestras con mayor propensión a la degradación son aquellas que combinan un elevado contenido de matriz arcillosa con porcentajes de cemento y esqueleto granular más bajos. Este conjunto de muestras corresponden, en general a wackes arcillosos.

**CONCLUSIONES.**

La baja durabilidad de los materiales estudiados viene dada por a) una baja tasa de cementación por calcita y/o ankerita y b) una proporción importante de moscovita e illita que puede llegar a ser mas del 50 en peso en algunas muestras y la presencia de interestratificados illita-esmectita. Las muestras menos durables son las que

tiene una proporción mayor de fracción arcillosa y por tanto con una menor cementación. La porosidad no parece tener influencia en la durabilidad de las muestras.

Los resultados del ensayo SDT sobre muestras envejecidas en ciclos de hielo-deshielo reflejan mejor la durabilidad de las muestras.

**AGRADECIMIENTOS.**

Los autores agradecen a la Diputación Foral de Gipuzkoa la financiación de los trabajos expuestos.

**REFERENCIAS.**

Blatt, H (1982): *Sedimentary petrology*: WH Freeman & Co. San Francisco, 564 p.  
 ISRM (1981): In: Brown, E.T. (Ed) *ISRM Suggested methods: Rock Characterization, Testing & Monitoring*. Pergamon Press, London 211 p.  
 Martínez-Bofill, J., Corominas, J., Soler, A. (2004): *Behaviour of the weak rock cutslopes and their characterization using the results of the Slake Durability Test*. in "Lecture Notes in Earth Sciences. 104. Engineering Geology for Infrastructure Planning in Europe", 405-413.  
 Martínez-Bofill, J., Corominas, J., Soler, A. (2008): *Analysis of the relationship between durability and petrological characteristics of weak rocks*. Euroengeo. Proceedings of the II European Conference of International Association for Engineering Geology. Madrid.