RESISTENCIA Y DEFORMABILIDAD DE UN MACIZO ROCOSO GNEISICO

ALBERTO BERNAL (*)
EVARISTO PORTILLO (*)
TOMAS BARRERA (**)
PEDRO MARTIN BOURGON (***)
LUIS QUERO (****)

RESUMEN. En este artículo se describen el resultado de los reconocimientos, la caracterización geomecánica realizada del macizo rocoso, los parámetros que definen su resistencia y deformabilidad y su comparación con los valores habituales en la práctica procedentes de la literatura técnica.

ABSTRACT. *This article describes the geomechanical characterization of a gneiss rock mass as the result of a complete geotechnical survey. It presents the parameters that define strength and strain and it also compares them with the usual values found in the technical literature.*

1. INTRODUCCION

La Instalación de Almacenamiento de Residuos Sólidos Radiactivos de El Cabril ha sido objeto de un amplio programa de Estudios y, en concreto, de un detallado Estudio Geotécnico. Se realizaron los siguientes reconocimientos de campo y de laboratorio: (a) Cartografía geotécnica de los afloramientos naturales y de algunas zanjas excavadas al efecto (135 puntos de observación); (b) geofísica sísmica de superficie (2.000 ml); (c) sondeos a rotación (24 sondeos con 755 m); (d) ensayos presiométricos (91 ensayos); (e) ensayos cross-hole (100 m) y down-hole (200 m); (f) ensayos de laboratorio estáticos y dinámicos.

La instalación será emplazada en una colina rocosa en la que aparecen variados tipos de rocas gneísicas, que se han clasificado en varios grupos según criterios de litología/textura y de calidad geomecánica.

La clasificación por litología y textura se ha hecho en función de la presencia de cristales de mica y de la orientación del conjunto, que condicionan la anisotropía de la matriz rocosa y la fracturación del macizo. Los grupos más abundantes son:

C: Gneises migmatíticos, a veces ocelares, en los que la migmatización ha producido una textura gneísica.

C_c: Gneises micaceos, a veces biotíticos y a veces con sillimanita y moscovita, de textura lepidoblástica.

C_a: Gneises feldespáticos micaceos (con biotita y moscovita) de textura granoblástica, pero con bastantes partículas planares de mica.

E: Gneises cuarzo-feldespáticos (metaarcosos), de textura granoblástica, con pequeña proporción de partículas de mica.

En el tratamiento de algunas propiedades geomecánicas las rocas se han reagrupado por similitud de litología y textura en: $C + C_c$ y $E + C_a$.

Para la clasificación por calidad geomecánica, se han analizado conjuntamente el índice RMR (Bieniawski, 1984) y la velocidad sísmica, lo que permitió definir cuatro tipos de terreno, de calidad geomecánica creciente:

ALFA: Suelo superficial o roca completamente meteorizada.

BETA: Roca aflorando en superficie o inmediatamente debajo del suelo superficial, de calidad geomecánica mala a regular.

GAMMA: Roca a profundidad intermedia, de calidad geomecánica regular a buena.

DELTA: Roca profunda, de calidad geomecánica buena a muy buena.

2. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LA MATRIZ ROCOSA

En la tabla 1 se muestran los valores medios medidos en laboratorio de las principales propiedades de la matriz rocosa. Los ensayos de compresión simple fueron realizados con la dirección de la carga aproximadamente al hilo de la esquistosidad. De acuerdo con sus resultados

(*) Intecsa, Madrid.
(**) D'Appolonia España, Madrid.
(***) Enresa, Madrid.
(****) Laboratorio de Geotecnia, CEDEX, Madrid.

LITOLOGIA	C	C_c	C_a	E
Densidad (kg/m^3)	2.670	2.710	2.700	2.640
Absorción (%)	0,9	1,2	0,9	1,3
Densidad partículas (kg/m^3)	2.760	2.790	2.760	2.700
Resistencia a la compresión simple (MPa)	21,5	24,6	30,9	35,2
Módulo de elasticidad CS (GPa)	25,9	24,3	31,6	40,6
Módulo de Poisson CS	0,23	0,21	0,18	0,15
Resistencia a la tracción (brasileño) ortogonal a esquistosidad (MPa)	7,8	6,5	6,1	5,3
Resistencia a la tracción (brasileño) paralelo a esquistosidad (MPa)	2,5	2,8	2,9	4,8
Velocidad sónica en laboratorio (m/s)	3.900	4.000	3.900	4.200

TABLA 1. Valores medios de las propiedades geotécnicas de la roca matriz.

la roca se clasifica (Deere, 1970) como de resistencia baja a media y de módulo relativo (E/σ_c) alto.

Los ensayos brasileños fueron realizados cargando en la dirección de la esquistosidad y en su perpendicular; el cociente de ambos indica la anisotropía en la resistencia a tracción y toma unos valores de 2 a 3 en las litologías más micaceas y de aproximadamente 1 en la litología cuarzo-feldespática.

3. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LAS DISCONTINUIDADES

El macizo rocoso está compartimentado por varias familias de discontinuidades:

S_1: Junta por los planos de esquistosidad, con orientación N155-170°E y buzamiento predominante de 70-80° hacia el NE, aunque en algunas zonas es de 75-80° hacia el SO.

S_{d1}: Orientación media N70-90°E y buzamiento medio de 70-80° hacia el N, aunque en algunas zonas se observan buzamientos hacia el S.

S_{d2}: Orientación media N40-50°E y buzamiento medio 75-80° hacia el N. Es menos abundante que los anteriores.

S_{d3}: Orientación media N70-90°E y buzamiento disperso entre 15 y 60° hacia el S. Es muy poco abundante en superficie.

En la figura 1 se muestra el correspondiente diagrama de polos. A efectos geotécnicos se han considerado tres familias aproximadamente ortogonales entre sí: S_1, $J_1 = S_{d1} + S_{d2}$; $J_2 = S_{d3}$. El espaciado medio en afloramientos (donde se distingue entre esquistosidad y otras diaclasas) y en sondeos (donde no se distingue el tipo de discontinuidad), así como el RQD en sondeos son los indicados en la tabla 2.

La rugosidad media, medida en la escala JRC de Barton y Choubey (1977), se indica en la tabla 3. Todos los valores corresponden a rugosidad baja a media.

Los valores del JRC de la esquistosidad son 2-3 puntos inferiores a los de las otras diaclasas y los del grupo litológico $C_a + E$ son 1-2 puntos inferiores a los del grupo $C + C_c$.

Se ha ensayado en laboratorio la resistencia al corte de varias juntas de esquistosidad y diaclasas. Se ha efectuado un levantamiento con micrómetro de la superficie ensayada para deducir el plano medio de la superficie de rotura y el ángulo de rugosidad para dife-

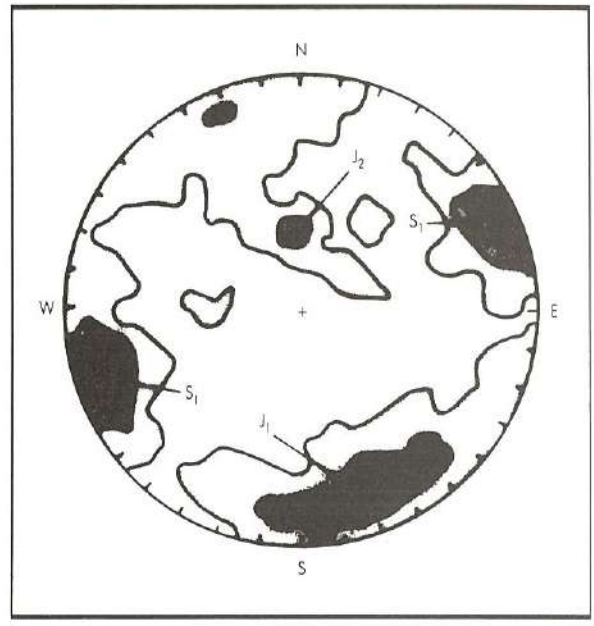


FIGURA 1. Diagrama de polos de discontinuidades.

LITOLOGIA	$C_a + E$	$C + C_c$
En afloramientos		
Espaciado de la esquistosidad	0,06	0,06
Espaciado de las otras juntas	0,18	0,28
En sondeos		
Roca tipo BETA, espaciado	0,06	0,08
Roca tipo BETA, RQD	42	44
Roca tipo GAMMA, espaciado	0,12	0,18
Roca tipo GAMMA, RQD	72	81
Roca tipo DELTA, espaciado	0,30	0,28
Roca tipo DELTA, RQD	93	89

TABLA 2. Valores medios del espaciado entre juntas (metros) y del RQD.

		Esquistosidad	Juntas
Afloramientos	$C_a + E$	4	6
Sondeos	C_a	6	8
Sondeos	E	5	8
Afloramientos	$C + C_c$	5	8
Sondeos	C	6	9
Sondeos	C_c	7	10

TABLA 3. Valores medios del JRC.

rentes longitudes de la base de medida. El índice JRC coincide sensiblemente con el valor en grados del ángulo de máxima rugosidad para una base de media de 10 mm (i_{10}). La dependencia de la resistencia al corte de la rugosidad y del nivel de tensiones se ha analizado mediante el modelo descrito en la figura 2.

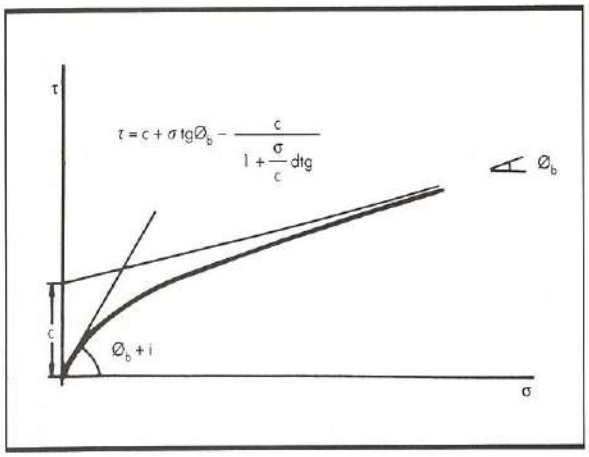


FIGURA 2. Modelo hiperbólico para la resistencia al corte de las juntas.

La resistencia al corte queda definida por la expresión:

$$\tau = c + \sigma \cdot tg\varnothing_b - \frac{c}{1 + \frac{\sigma}{c} \cdot dtg} \qquad (1)$$

donde:

c es un parámetro de ajuste con dimensiones de σ.

$$dgt = \mathrm{tg}(\varnothing_b + i) - \mathrm{tg}\varnothing_b$$

El ángulo de rozamiento secante resulta ser:

$$\mathrm{tg}\varnothing = \mathrm{tg}\varnothing_b + \frac{dtg}{1 + \frac{\sigma}{c} \cdot dtg} \qquad (2)$$

En la figura 3 se muestran la resistencia de pico (correspondiente a un desplazamiento de corte de 2-5 mm) en las diferentes muestras ensayadas, para las que se ha obtenido un buen ajuste estadístico con los parámetros que se indican.

Los valores adoptados para los cálculos de taludes se han obtenido con la fórmula (2), minorando prudentemente en relación a los de pico los valores de dtg y c.

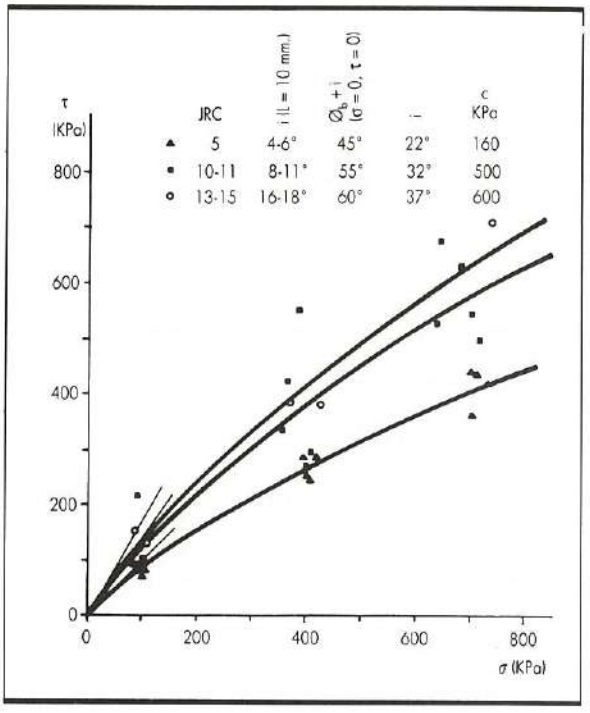


FIGURA 3. Resistencia al corte de las juntas en los ensayos de laboratorio.

4. DESCRIPCION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO

En la tabla 4 se muestran las principales características que describen el macizo rocoso y que han servido para clasificarlo en los grupos ALFA, BETA, GAMMA, DELTA definidos anteriormente.

TIPO DE ROCA	ALFA	BETA	GAMMA	DELTA
Profundidad de su base, m	0,0-2,5	5-8	15-25	—
Meteorización, según ISRM	VI	III-IV	I-II	I
RQD	—	25-50	60-90	85-100
V_p media, m/s	550	1.700	2.900	4.700
V_s media, m/s	—	900	1.500	2.500
RMR, rango	—	30-60	55-80	75-90
RMR, media	—	45	65	85

TABLA 4. Descripción del macizo rocoso.

5. RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO

La resistencia del macizo rocoso se ha estimado utilizando los valores propuestos por Bieniawski (1984) y Hoeck, Bray (1981). Este último define una envolvente $\sigma-\tau$ curva, por lo que en la tabla 5, donde se comparan ambos, se incluyen los parámetros de la recta secante entre los puntos $\sigma/\sigma_c = 0{,}001$ y $\sigma/\sigma_c = 0{,}1$.

	BIENIAWSKI		HOECK AND BRAY	
	C(KPa)	Ø(°)	C(KPa)	Ø(°)
BETA	200	25	60	34
GAMMA	300	35	240	48
DELTA	400	45	1.100	60

TABLA 5. Resistencia del macizo rocoso.

6. DEFORMABILIDAD DEL MACIZO ROCOSO

La deformabilidad del macizo rocoso se ha analizado principalmente con ensayos presiométricos realizados por el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX. Se utilizó un presiómetro Mazier de 98 mm de diámetro, que aplica carga radial en una longitud de 1 m a través de una membrana de caucho. La deformación radial se midió en tres direcciones a 120°.

La fórmula:

$$E_p = (1 + \nu) \cdot q \cdot \frac{D_m}{\triangle D} \qquad (3)$$

donde:

E_p = módulo presiométrico
ν = coeficiente de Poisson
q = presión aplicada
D_m = diámetro medio
$\triangle D$ = variación del diámetro,

habitual para la interpretación de los ensayos presiométricos, se ha considerado inadecuada para este caso.

En efecto, el estado de tensiones teórico que el ensayo presiométrico induce en un medio continuo que se mantiene en régimen elástico tanto en compresión como en tracción consiste en:

$$\sigma_r = q; \quad \sigma_\theta = -q; \quad \sigma_z = 0 \qquad (4)$$

Para este estado tensional las deformaciones radiales corresponden a la fórmula (3). En realidad la tracción en dirección de σ_θ está limitada por la existencia de discontinuidades en la roca o por la resistencia a tracción de la masa rocosa. En general, la presión aplicada por el presiómetro supera la resistencia a la tracción de la roca; si no existieran grietas previas al ensayo deberían haberse creado durante éste y debería ser observado por el aumento brusco de la deformación en alguna de las tres direcciones de medida, lo que no ha ocurrido.

Por lo tanto, los ensayos presiométricos se han analizado teniendo en cuenta la influencia del agrietamiento del macizo rocoso. Para ello se ha confeccionado un modelo de elementos finitos en deformación plana, que se ha comprobado con el caso teórico de material elástico lineal resistente a tracción, habiendo mostrado muy buena concordancia. En este mismo modelo se ha analizado la influencia de una grieta radial, de dos grietas radiales ortogonales o de numerosas grietas radiales equiespaciadas.

Se ha comprobado, en todos los casos, que la deformación radial media de tres diámetros a 120° es un buen estimador de la deformación radial media, y que la variación de este estimador, al girar la estrella de medida con respecto a la orientación de las grietas, es menor del 10 %. Es decir, que la elongación media de los tres sensores del presiómetro es un buen estimador de un solo parámetro de la deformación ocurrida en el ensayo, que en realidad debería ser definida por una función de deformación variable con el ángulo formado por cada dirección con la orientación de la grieta.

Los valores máximos y mínimos de la deformación radial (en la orientación más alejada de las grietas y en la misma grieta) no pueden ser estimados igual de fácilmente, de forma que la anisotropía de deformaciones radiales debidas a la geometría de las grietas o a la anisotropía genérica del macizo rocoso no han podido ser diferenciadas.

Las conclusiones obtenidas de este estudio son similares a las presentadas por Charrua Graça (1979) y se

muestran en la figura 4. La deformación radial media puede obtenerse de la expresión:

$$u_r = K(\nu) \cdot \frac{q}{E_p} \cdot R \qquad (5)$$

donde:

q, E_p tienen el mismo significado que en la fórmula (1).
R, es el radio del taladro.
$K(\nu)$ es un parámetro adimensional que se muestra en la figura 4.

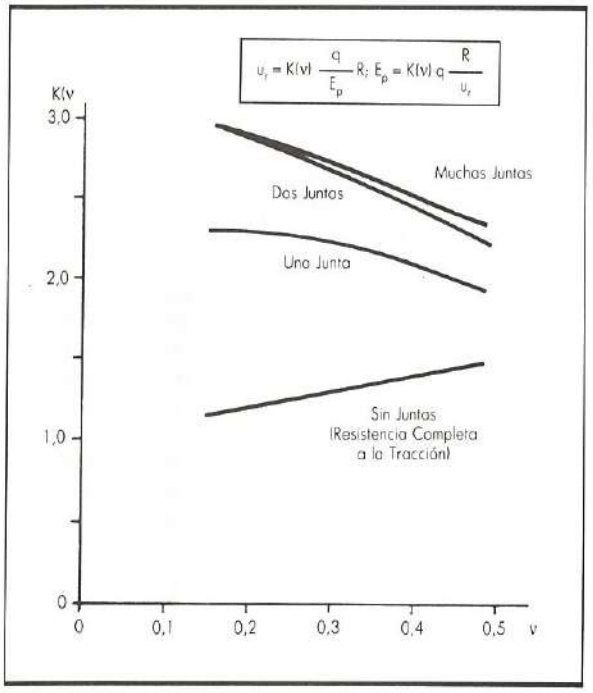


FIGURA 4. Coeficiente corrector de los módulos presiométricos.

El módulo elástico del macizo rocoso deducido del presiómetro toma el valor:

$$E_p = K(\nu) \cdot q \cdot \frac{R}{u_r} = K(\nu) \cdot q \cdot \frac{D_m}{\Delta D} \qquad (6)$$

esta expresión se reduce a la (3) únicamente cuando la roca es capaz de resistir las tracciones que se desarrollan alrededor del taladro.

Para la interpretación de los módulos presiométricos en los ensayos de El Cabril se ha analizado la fracturación del macizo y la resistencia a la tracción de la roca matriz y se ha concluido que en las litologías C_c y C_a el macizo se ha comportado como con dos o más grietas, mientras que en las litologías C y E es posible que haya resistido las tracciones o que únicamente haya jugado una grieta, la correspondiente a la dirección de menor resistencia a la tracción.

En la tabla 6 se muestran los valores medios obtenidos para cada litología y cada tipo geomecánico, calculados para $\nu = 0{,}3$.

LITOLOGIA	C	C_c	C_a	E
Roca tipo BETA	1,1 (1)	—	0,6 (4)	1,5 (4)
Roca tipo GAMMA	18,8 (2)	3,5 (18)	6,0 (22)	22,3 (9)
Roca tipo DELTA	19,9 (5)	8,0 (7)	8,6 (13)	—
Matriz rocosa	25,9	24,3	31,6	40,6

NOTA: Las cifras entre paréntesis indican el número de ensayos.

TABLA 6. Valores medios del módulo presiométrico (GPa).

El módulo presiométrico así obtenido es una aproximación al módulo elástico del macizo rocoso. Para estimar éste se ha utilizado el modelo de macizo fracturado descrito por Kulhavy (1978) y Gerrard (1982). El macizo rocoso se considera formado por una matriz rocosa de módulos E_r, ν_r y tres familias de discontinuidades ortogonales tal como se indica en la figura 5. Las discontinuidades se caracterizan por el módulo de rigidez normal K_n y el de rigidez transversal K_s. Las propiedades elásticas del macizo quedan definidas por:

$$E_i = \left(\frac{1}{E_r} + \frac{1}{S_i K_{ni}} \right)^{-1} \qquad (7)$$

$$G_i = \left(\frac{1}{G_r} + \frac{1}{S_i K_{ni}} + \frac{1}{S_j K_{sj}} \right)^{-1} \qquad (8)$$

$$\nu_{ij} = \nu_{ik} = \nu_r \frac{E_i}{E_r} \qquad (9)$$

para $i = x, y, z$ con $j = y, z, x$; $k = z, x, y$.

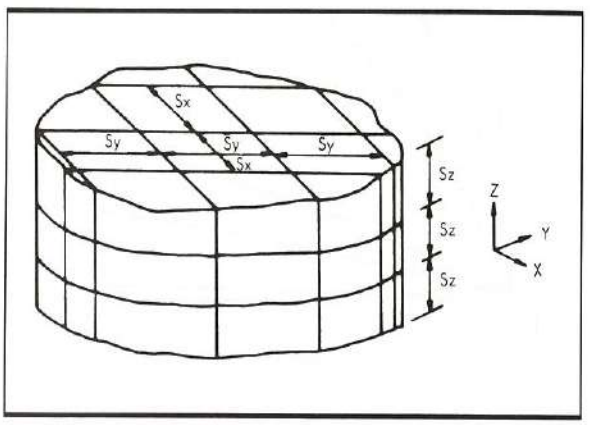


FIGURA 5. Modelo del macizo rocoso con tres familias ortogonales de juntas.

La ecuación (7) puede ser escrita en la forma:

$$\frac{E_i}{E_r} = \left(1 + \frac{E_r}{S_i K_{ni}}\right)^{-1} \qquad (10)$$

Incluso en la hipótesis simplificativa de masa rocosa isótropa el macizo es anisótropo debido a las diferencias de S_i, K_{ni}, K_{si} en las diferentes direcciones. El modelo completo es muy complejo por lo que se ha analizado en forma simplificada.

Los módulos presiométricos se han asociado a la fracturación conjunta de los sistemas S_1 y J_1, cada uno de ellos aproximadamente vertical y ambos ortogonales entre sí.

En la figura 6 se muestra la correlación del cociente E_p/E_r (calculado en los puntos en que se disponía de ambos datos) con la media aritmética del espaciamiento de las diaclasas S_1 y J_1 (calculada midiendo en el sondeo la separación en vertical y el buzamiento de cada una de ellas y efectuando la correspondiente conversión a la dirección normal al plano de junta). Los valores de E_r/K_n y de K_n medios que se deducen de esta figura se indican en la tabla 7. El valor de K_n también ha sido investigado en laboratorio, pero únicamente en un intervalo de carga de 100 a 700 KPa, habiéndose obtenido valores entre 10 y 15 GN/m^3.

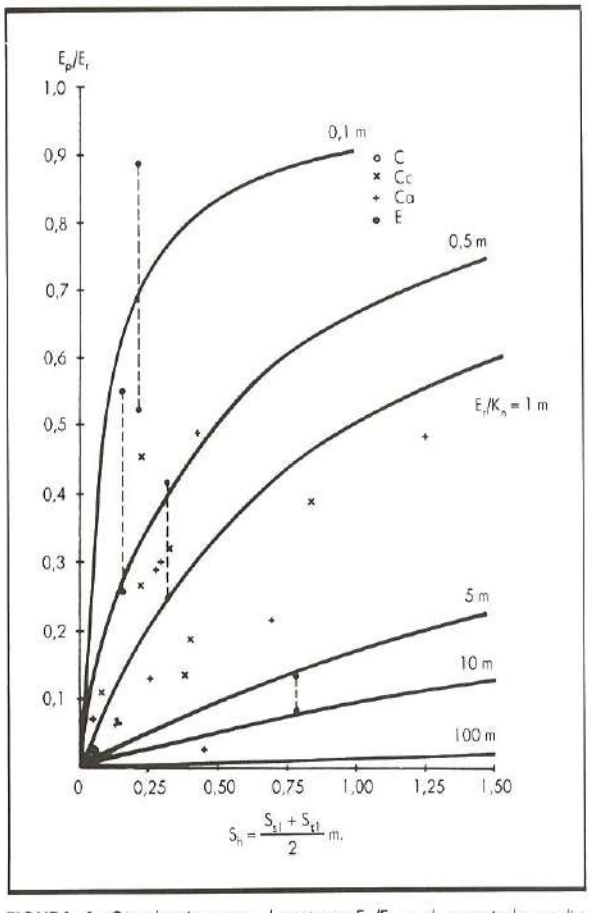


FIGURA 6. Correlación entre el cociente E_p/E_r y el espaciado medio horizontal entre diaclasas.

ROCA TIPO	E_r/K_n (m)	K_n (GN/m^3)
BETA	7,2	4
GAMMA	1,4	20
DELTA	1,3	25

TABLA 7. Valores medios de E_r/K_n y de K_n, deducidos de los ensayos presiométricos.

Se ha considerado también la correlación E_p/E_r con el R.Q.D. habiéndose encontrado una práctica ausencia de correlación, lo que es lógico puesto que el R.Q.D. no distingue los diferentes sistemas de diaclasas. La utilización de una correlación de este tipo sólo estaría justificada para analizar el módulo del macizo rocoso en dirección perpendicular a una familia de diaclasas con un sondeo perpendicular a ella y que no intercepte ninguna otra.

El módulo elástico medio del macizo (E_m) se ha calculado en cada punto donde hay ensayo presiométrico mediante una doble aplicación de la expresión (10):

$$\frac{E_m}{E_p} = \frac{1 + \dfrac{1}{S_h} \cdot \dfrac{E_r}{K_n}}{1 + \dfrac{1}{S} \cdot \dfrac{E_r}{K_n}} \qquad (11)$$

donde:

S_h es el espaciamiento medio de las diaclasas S_1 y J_1.
S es el espaciamiento medio de las diaclasas S_1, J_1 y J_2.

Los valores medios obtenidos se muestran en la tabla 8.

LITOLOGIA	C	C_c	C_a	E
Roca tipo BETA	3,3 (1)	—	0,9 (4)	1,1 (4)
Roca tipo GAMMA	29,7 (2)	6,3 (18)	8,1 (22)	36,0 (9)
Roca tipo DELTA	23,6 (5)	15,1 (7)	12,4 (13)	—
Matriz rocosa	25,9	24,3	31,6	40,6

NOTA: Los cifras entre paréntesis indican el número de ensayos presiométricos.

TABLA 8. Valores medios del módulo elástico del macizo rocoso (GPa).

En la figura 7 se muestra la correlación entre el módulo elástico del macizo (E_m) y el índice RMR de Bieniawski y se comparan los ajustes obtenidos para los datos de El Cabril con los ajustes propuestos por Bieniawski (1978) y por Pereira, Serafim (1983). La fórmula exponencial es la que mejor ajusta los datos. Las fórmulas propuestas por los autores citados conducirían a valores del módulo elástico tres o cuatro veces superior al encontrado en El Cabril. Incluso para valores RMR mayores de aproximadamente 70, conducirían a módulos elásticos del macizo superiores a los de la matriz rocosa. Estas correlaciones directas parecen no ser aplicables más que a rocas con módulo elástico de la matriz muy elevado, que prácticamente no influye en la deformabilidad del macizo.

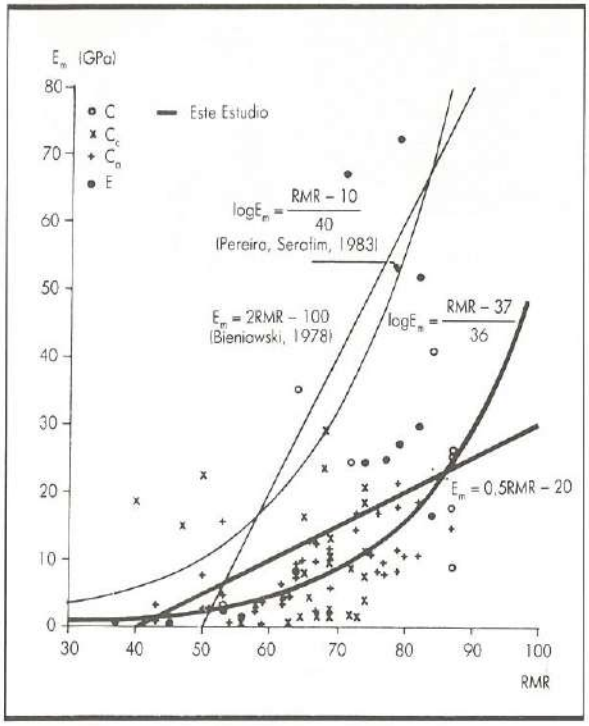


FIGURA 7. Correlación entre E_m y el índice RMR.

En la figura 8 se muestra la correlación entre el cociente de módulos E_m/E_r y el índice RMR de Bieniawski. También se indica el ajuste de los datos mediante una recta y mediante una exponencial y las curvas propuestas por Bieniawski (1976 y 1978). La curva exponencial es la que mejor ajusta los datos y es muy similar a la primera propuesta de Bieniawski.

7. CONCLUSION

El macizo rocoso de El Cabril está formado por gneises de variada textura y mineralogía cuya calidad geomecánica crece con la profundidad. La matriz rocosa presenta una anisotropía relacionada con la esquistosidad. Se

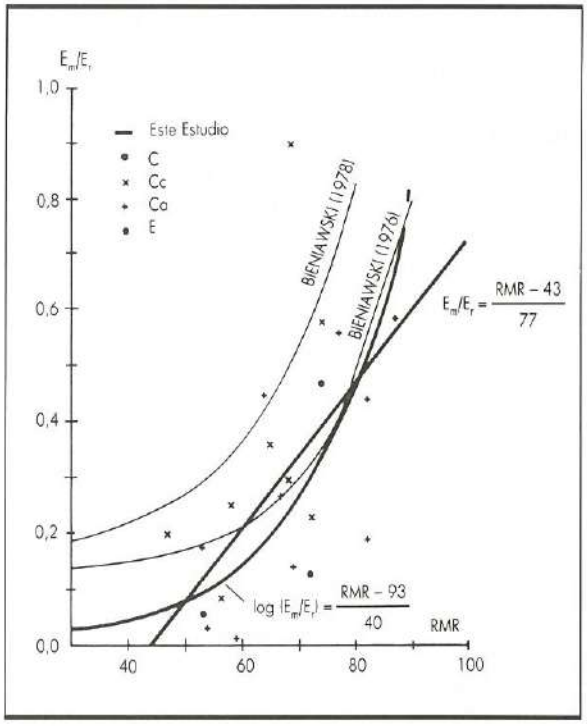


FIGURA 8. Correlación entre el cociente E_m/E_r y el índice RMR.

han encontrado tres familias de discontinuidades aproximadamente ortogonales entre sí, la primera y más frecuente asociada a la esquistosidad. La resistencia de las discontinuidades se ha asociado al índice J.R.C. de Barton y Choubey (1977); se ha encontrado que el valor numérico de J.R.C. coincide sensiblemente con el valor en grados del ángulo de máxima rugosidad para una base de medida de 10 mm.

La deformabilidad del macizo se ha investigado con ensayos presiométricos. La interpretación estándar de los ensayos presiométricos supone que la roca resiste las fuertes tracciones que aplica el presiómetro y conduce a unos valores del módulo de elasticidad muy inferiores a los reales. La interpretación realizada tiene en cuenta las fracturas del macizo que llegan al taladro, que limitan la tracción circunferencial.

Los valores obtenidos se han analizado según el modelo propuesto por Kulhavy (1978) y Gerrard (1982), habiéndose determinado los valores de la deformabilidad de las juntas que mejor ajustan los ensayos realizados.

Con estos valores y en función del espaciado de las fracturas en las distintas direcciones se ha calculado el módulo elástico medio del macizo y se ha estudiado su correlación con el índice R.M.R. de Bieniawski. Se ha encontrado que las correlaciones de Bieniawski (1978) y de Pereira, Serafim (1983) dan valores del módulo elástico del macizo excesivamente elevados, superiores incluso al módulo elástico de la roca intacta, lo que no

se considera razonable. Sin embargo la correlación E_m/E_r-RMR encontrada es similar a la presentada por Bieniawski (1976).

BIBLIOGRAFIA

BARTON, N., CHOUBEY (1977). «The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice». Rock Mechanics, ed. Springler Verlag, 10, pp. 1-54.

BIENIAWSKI, Z. T., ORR, C. M. (1976). «Rapid Site Appraisal for Dam Foundations by the Geomechanics Classification». XII Int. Cong. on Large Dams, México 1976.

BIENIAWSKI, Z. T. (1978). «Determining Rock Mass Deformability-Experience from Case Histories». Int. J. Rock Mech. and Min. Sci. Vol. 15, pp. 237-247.

BIENIAWSKI, Z. T. (1984). «Rock Mechanics Design in Mining and Tunnelling». Ed. Balkema, Rotterdam, 1984.

CHARRUA GRAÇA, J. G. (1979). «Dilatometer Tests in the Study of Deformability of Rock Masses». Geotecnia, Vol. 32, pp. 51-69. Lisbon.

DEERE, D. U. (1970). «Consideraciones Geológicas», in Stagg, K. G.; Zienkievicz, O. C. «Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica», Ed. Blume, Madrid.

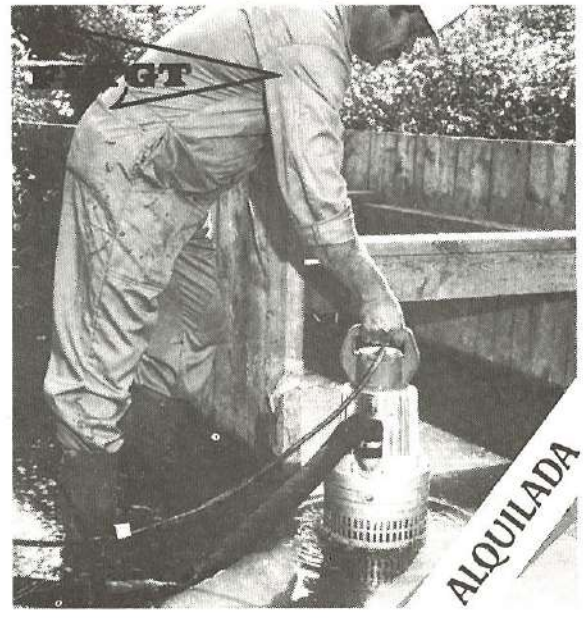
GERRARD, C. M. (1982). «Elastic Models of Rock Masses Having One, Two and Three Sets of Joints». Int. J. Rock Mech. and Min. Sci., Vol. 19, pp. 15-23.

HOECK, E., y BRAY, J. W. (1981). «Rock Slope Engineering», Inst. Min. Met. Londres.

KULHAWY, F. H. (1978). «Geomechanical Model for Rock Foundation Settlement». J. GT. ASCE, feb. 1978, Vol. 104, n.º GT2, pp. 211-227.

PEREIRA, S. (1983). «Considerations of the Geomechanics Classification of Bieniawski». Proc. Int. Symp. on Eng. Geol. and Underground Const., LNEC, Lisboa.

¡Póngala donde la necesite!



Alquile una bomba sumergible Flygt.

Economía:

Comprar una bomba para un trabajo eventual o transitorio puede ser una inversión poco rentable. Simplemente alquílela, y pague sólo el tiempo que la utilice.

Disponibilidad:

Usted puede conseguir, **cerca y con toda rapidez**, el equipo de bombeo que necesite.

Servicio:

Detrás del equipo de bombeo que Ud. alquila, está la Organización Técnica TFB, que atiende más de 25.000 instalaciones en España y que le asegura su permanente funcionamiento.

Garantía:

FLYGT tiene la gama de bombas sumergibles más extensa del mundo, y la Red de Servicio TFB es la más completa y eficaz en todo el territorio nacional.

FLYGT es, en España **TFB**

TECNICAS DE FILTRACION Y BOMBEO, S.A.

• VENTA • ALQUILER • SERVICIO

Alquiler con opción a compra

MADRID 28040 - Aravaca, 24 - Tel. (91) 533 35 08*
BARCELONA 08013 - Lepanto, 149 - Tel. (93) 232 47 61
BILBAO 48016 (Asúa) - Carretera Erleches, 5 - Tel. (94) 453 01 94
VALENCIA (Cuart de Poblet) - Ernesto García Raga, s/n. - Tel. (96) 154 63 15
SEVILLA 41007 - J. M.ª de Ybarra y Gómez Rull, 28
Polígono Industrial "Ctra. Amarilla" - Tel. (95) 467 30 00

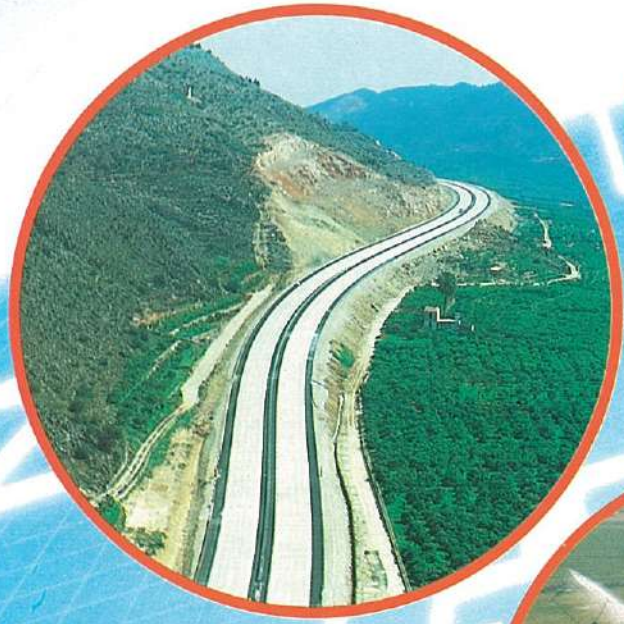
Almería	951 - 26 15 11	Oviedo	985 - 24 39 43
Ciudad Real	926 - 22 25 26	Las Palmas de Gran Canaria	928 - 31 36 17
Córdoba	957 - 26 44 58	Salamanca	923 - 21 58 54
La Coruña	981 - 23 78 49	San Sebastián	943 - 37 07 06
Granada	958 - 20 77 27	Santander	942 - 34 76 49
Huelva	955 - 24 20 18	Valladolid	983 - 29 48 38
Huesca	974 - 22 59 16	Vigo	986 - 27 15 07
León	987 - 25 23 75	Zaragoza	976 - 44 28 78
Málaga	952 - 29 76 98		
Palma de Mallorca	971 - 25 27 81		

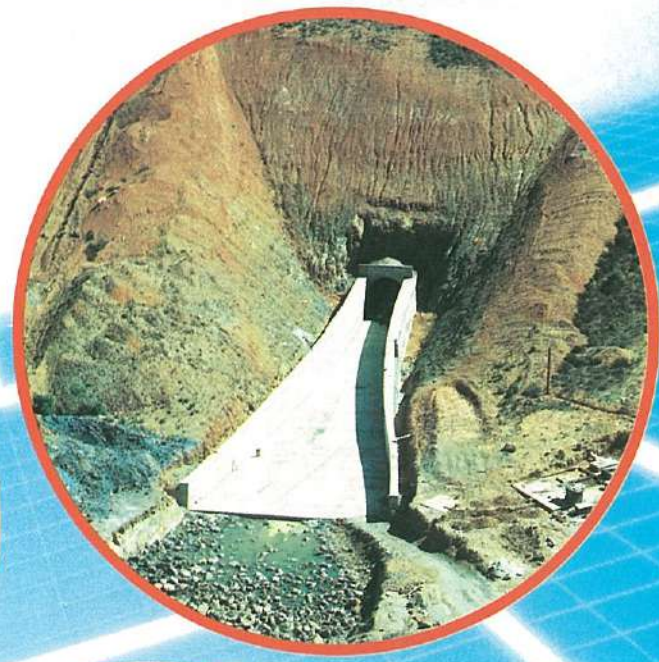
Isidoro Sánchez, S. A.

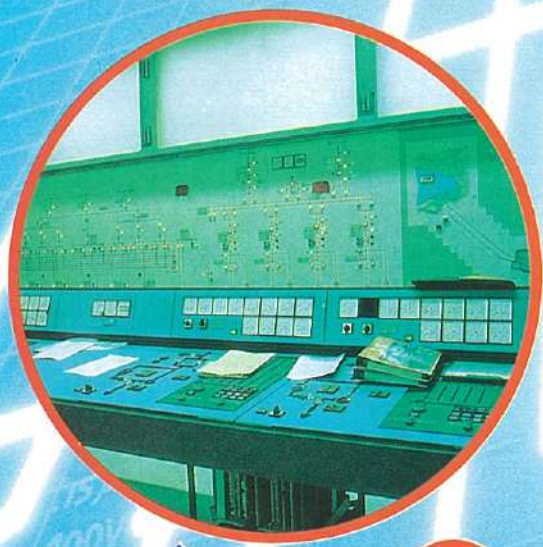
Viviendo el Futuro

- VENTAS
- ALQUILER
- SERVICIO TECNICO
- SERVICIO TOPOGRAFICO
- CENTRO DE FORMACION Y ASESORAMIENTO TECNICO
- DIVISION INFORMATICA

Isidoro Sánchez, S. A., Topografía.
Ronda de Atocha, 16 - 28012 MADRID Tel: 467 53 63. Fax: (91) 239 22 16







CENTRALES ELECTRICAS • AGRONOMIA • OBRAS HIDRAULICAS
• CARRETERAS • PUERTOS Y COSTAS • ARQUITECTURA Y URBANISMO •
GEOLOGIA Y GEOTECNIA • MEDIO AMBIENTE • PLANTAS INDUSTRIALES

inypsa

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.

INGENIEROS CONSULTORES

MADRID

General Diaz Porlier. 49
Teléfono (91) 402 45 92*
Télex. 42496 inyp E
28001 MADRID

BARCELONA

Gran Via de Carlos III, 124
Teléfono (93) 205 08 62
Télex. 97809 inyp E
08034 BARCELONA