

LAS ROCAS BLANDAS O DE BAJA RESISTENCIA: LA TIZA COMO CASO DE ANALISIS

Oldemar Ramírez Escribano
División Recursos Carboníferos (RECOPE)

ABSTRACT

The following paper presents general comments about chalk as a soft rock, emphasizing on its mechanical classification and laboratory analysis. Considering their characterization, the mechanical tests analyzed in the laboratory were: pulse ultrasonic velocity test, point load test, uniaxial and triaxial tests at different moisture contents.

The pulse ultrasonic velocity test helped establish some correlations between the velocity and the moisture content. It was observed that when the moisture content of the chalk decreased the propagation of velocity increased (and viceversa) to an specific value of moisture content when the rock's behaviour was totally opposed.

In the point load test samples on the same size but with some moisture content showed a 43 % reduction in their resistance value when compared with the dry samples.

In the uniaxial compressive strength test, dry and moist core samples of 50 mm diameter and 125 mm length were analyzed. The observations showed that the rock's water content increased, the uniaxial compressive strength of 4.8 MN/m² and those with some water content showed an average value of 2.6 MN/m².

Finally, during the triaxial test some samples with 38 mm of diameter of 76 mm of length under dry conditions and with 26 % of moisture content were compared with other samples with a diameter of 76 mm and 152 mm of length - also under dry conditions. According to the obtained data, it is possible to conclude that these samples with different diameter (38 and 76 mm) under dry conditions showed approximately the same value of cohesion (15-17 Kgff/cm²) and a basic friction angle (34-35°). The principal difference was found in those with a moisture content of 26 % which gave a lower value of cohesion (7 Kgrf/cm²) than those under dry conditions, for the presence of water reduces the strength characteristics and the cohesion of the rocks.

RESUMEN

El presente trabajo pretende dar una visualización sobre la tiza como una roca blanda o de baja resistencia, enfatizando sobre su clasificación mecánica y análisis de laboratorio.

Para efectos de su caracterización, fueron llevados a cabo ensayos de laboratorio de velocidad ultrasónica de pulso, carga puntual, compresión simple y triaxiales a diferentes contenidos de humedad.

Con el ensayo de velocidad ultrasónica de pulso fue posible establecer correlaciones entre la propagación de la velocidad y el contenido de humedad. Debido a ello fue posible observar que cuando el contenido de humedad de esta roca decreció, la velocidad de propagación aumentó (y viceversa) hasta un valor específico de humedad definido en donde el comportamiento fue opuesto al descrito.

En el ensayo de carga puntual fueron analizadas muestras del mismo tamaño pero con diferente contenido de humedad. El grupo de muestras que mostró un contenido de humedad presentó una reducción del 43 % en su resistencia respecto a aquéllas bajo condiciones de secado al aire en forma natural.

En el ensayo de compresión simple se utilizaron núcleos de muestras de 50 mm de diámetro y 125 mm de longitud bajo condiciones secas y con un contenido de humedad del 27 %. Las observaciones mostraron que cuando el contenido de humedad de la roca aumentó, la resistencia a la compresión simple tuvo una tendencia a decrecer. Desde el punto de vista de resistencia aquellas muestras bajo condiciones secas dieron un valor promedio a la compresión simple de 4.8 MN/m² y las que presentaron una humedad del 27% un valor promedio de 2.6 MN/m².

Finalmente, durante el ensayo triaxial se ensayaron muestras con 38 mm de diámetro y 76 mm de longitud bajo condiciones de secado al aire en forma natural y a un contenido de humedad del 26 %. Además se analizaron otras muestras con diámetro de 76 mm y 151 mm de altura también bajo condiciones de secado al aire en forma natural.

De acuerdo a los datos obtenidos se permite concluir que las muestras con diferente diámetro (38 y 76 mm) bajo condiciones secas mostraron aproximadamente el mismo valor de cohesión (15-17 Kgrf/cm²) y de ángulo de fricción interna (34-35°). La principal diferencia se encontró en aquéllas con un contenido de humedad del 26 %, las cuales dieron un valor más bajo en la cohesión (7 Kgrf/cm²) que aquéllas bajo condiciones secas, debido a que la presencia de agua reduce las características de resistencia y de cohesión de las rocas.

INTRODUCCION

La tiza es una caliza de color blanco y de grano muy fino, constituida por más de un 95 % de carbonato de calcio.

El rango típico del tamaño de las partículas está ubicado dentro de los 100 micrones y los 0.5 micrones. La fracción gruesa (de 10 a 100 micrones) constituye cerca del 20 al 30 % de su constitución, el cual se debe a la presencia de esqueletos foraminíferos y productos de fragmentos de conchas. La fracción más fina (de 0.5 a 4 micrones) constituye un 70 al 80 % de la roca, formada principalmente por cocolitos.

Desde el punto de vista mecánico, la tiza es típicamente una roca blanda de baja resistencia, debido a que normalmente es clasificada como un material transicional entre suelos y rocas que presenta deformación plástica alta.

El término blando puede ser considerado a través de diferentes aspectos, dependiendo de los parámetros usados tales como la alteración, contenido de humedad, sentido del tacto, etc., que podrían ayudar a tener una estimación de aquellos factores que podrían afectar a una roca.

El hecho fundamental, es que todas estas posibles atribuciones están en una u otra forma implicando la noción de resistencia, pero las estimaciones de una roca en un macizo rocoso generalmente requieren de alguna clase de ensayos de laboratorio o pruebas de campo.

Hangerman en 1966 dijo que la transición de un suelo a una roca suave y más a una roca dura, también como el proceso inverso, puede ser un fenómeno primario o secundario, esto es, podría o no ser influenciado por procesos externos o inherentes a la misma.

El grado de cementación y subsecuente litificación de sedimentos blandos es un factor de endurecimiento del material y la alteración en rocas duras implica la destrucción de las moléculas entre los minerales y a menudo entre ellos mismos.

Por lo tanto, para una clasificación más exacta, términos índices especiales, ensayos y procedimientos de análisis deberían ser llevados a cabo para el establecimiento de la mecánica de rocas blandas, suaves o de baja resistencia.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de los tipos de roca, está basado principalmente en las medidas del ensayo de compresión simple o uniaxial.

Costa Rica, por poseer una historia geológica relativamente reciente, en donde gran parte de sus materiales no están del todo consolidados y los procesos de meteorización son muy activos, hace que el estudio de rocas blandas o de baja resistencia ocupen un lugar preponderante. De allí que el análisis de este tipo de rocas en relación con las obras de ingeniería sea absolutamente necesario para tener un mejor conocimiento del medio soportante.

LA TIZA COMO UN CASO DE ANALISIS

Para llevar a cabo un análisis de este tipo de roca se efectuaron ensayos de la velocidad ultrasónica de pulso, compresión inconfineda carga puntual y triaxiales, a contenidos de humedad diferentes sobre muestras correspondientes a la deposición superior de la tiza en la localidad de Dartford en Kent, Inglaterra (Ramírez, 1980).

La finalidad fue la de caracterizar este tipo de roca desde el punto de vista mecánico, y observar su comportamiento y características a través de diferentes ensayos.

Método de velocidad ultrasónica de pulso:

Para llevar a cabo este método se empleó el analizador de concreto ultrasónico Pundit, el cual es totalmente portátil y es utilizado principalmente para el cálculo de la resistencia del concreto, así como para determinar la presencia de vacíos o cavidades, fracturas y otras imperfecciones. Además, este aparato puede ser también perfec-

tamente adaptado para la determinación de la propagación de la velocidad sísmica en muestras en el laboratorio, tal y como fue empleado en este caso específico.

A través de este ensayo fue posible establecer algunas correlaciones interesantes entre el comportamiento de la velocidad ultrasónica de pulso y el contenido de humedad de las muestras ensayadas.

Para establecer estas correlaciones, cuatro determinaciones individuales fueron realizadas para cada una de las quince muestras analizadas. Estas determinaciones se basaron en las lecturas del tiempo de llegada de los pulsos emitidos, siguiendo una secuencia de 0, 21, 26 y 96 horas.

Durante las primeras tres lecturas, se observó un incremento en la velocidad mientras que las muestras perdían humedad bajo el sistema de secado al aire en forma natural. Para conocer el comportamiento opuesto, las muestras fueron almacenadas en bolsas de plástico en presencia de toallas húmedas sin estar en contacto con el espécimen por un espacio de 66 horas. Después de este tiempo, y como resultado de agregar humedad en forma artificial, se observó un decrecimiento promedio en la velocidad del 0.5 % entre dos lecturas sucesivas.

En conclusión se puede decir que en este tipo de roca, conforme el contenido de humedad decreció, la propagación de la velocidad aumentó o viceversa, hasta un punto de humedad en el cual el comportamiento es opuesto al descrito. Este aspecto también fue notado por otros investigadores como Sanders en 1967, quienes analizaron este comportamiento en materiales similares.

Ensayo de carga puntual

El aparato usado durante el ensayo de carga puntual axial fue del tipo E.L.E. (Engineering Laboratory Equipment Ltd.) Point Load Test Frame.

Para este ensayo se analizaron dos grupos de muestras de núcleo

de 50 mm de diámetro y 55 mm de longitud, obteniéndose una relación de 1.1 de acuerdo a las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (I.S.R.M., 1973).

Uno de estos grupos constaba de cuatro muestras con un contenido de humedad del 27 %, y el otro de veinticuatro muestras bajo condiciones de secado al aire en forma natural. Las muestras del primer grupo mostraron una reducción en el valor de resistencia del 43 % en comparación con aquéllas del segundo grupo las cuales fueron ensayadas bajo condiciones de secado al aire.

Por otra parte, Broch y Franklin en 1972 establecieron una relación entre la resistencia a la compresión confinada (σ) y el índice de resistencia de la carga puntual (I_s) para núcleos de 50 mm de diámetro de 24 (K) entre ambos parámetros, de acuerdo a la relación:

$$\sigma = K \cdot I_s$$

Este valor de K fue posteriormente corroborado por Bieniawski en 1975, utilizando núcleos con diámetro Nx (54 mm) en muestras de arenisca, cuarcita y norita.

Por otra parte, durante esta investigación la relación entre la resistencia a la compresión simple y el índice de resistencia a la carga puntual obtenido de muestras secadas al aire fue de 16 (Ramírez, 1980).

Con el fin de mostrar las diferencias entre rocas de alta y baja resistencia, a continuación se resumen los datos apuntados por Bieniawski en 1975, de las investigaciones realizadas por Broch y Franklin en 1972, y D'Andrea et al en 1965.

Ensayo	Bieniawski (1974)	Ramírez (1980)
	<u>Rocas de alta resistencia</u>	<u>Rocas de baja resistencia</u>
Resistencia de la compresión confinada	Entre 340 MN/m ² y 20 MN/m ²	Entre 6.8 MN/m ² y 2.7 MN/m ²
Índice carga puntual	Entre 0.5 MN/m ² y 13.5 MN/m ²	Entre 0.23 MN/m ² y 0.36 MN/m ²

Por lo tanto, se ha asumido que las rocas de baja resistencia como la tiza se comportan en alguna forma diferente a aquéllas que muestran alta resistencia. Este criterio quizás explique la diferencia de los valores entre estos dos parámetros.

También es importante tomar en cuenta el hecho de que las rocas de baja resistencia son muy sensitivas a los cambios en el contenido de humedad, porosidad, microdiscontinuidades, las condiciones bajo las cuales el ensayo es llevado a cabo, etc., que pueden afectar los valores en el grado de resistencia.

Finalmente, de acuerdo a la clasificación de resistencia propuesta por Franklin en 1970 en cuanto al índice de carga puntual la tiza se ubica en un rango entre 0.36 MN/m² y 0.23 MN/m².

El valor promedio del índice de resistencia de carga puntual obtenido a través de estos ensayos fue de 0.3 MN/m² lo cual, de acuerdo a la clasificación de resistencia propuesta por Franklin en 1970 la tiza variaría en un rango entre moderada a baja resistencia.

Finalmente, Broch y Franklin en 1970 apuntaron que los resultados obtenidos a través del ensayo de carga puntual mostraron menos dispersión que aquéllos obtenidos a través del ensayo uniaxial; aunque Bieniawski en 1975 no sustenta este argumento, ya que a través de sus investigaciones éste encontró resultados totalmente contrarios.

Ensayo de resistencia a la compresión simple

El ensayo de compresión simple es un ensayo básico en la clasificación y caracterización de rocas intactas. Los resultados de este ensayo tienen una importante aplicabilidad en los estudios de ingeniería, los cuales también pueden ser indirectamente aplicados para la consideración del comportamiento de los macizos rocosos altamente diaclasados o fracturados.

Para este ensayo, se utilizaron 14 núcleos de muestra con un diámetro de 50 mm y una longitud de 125 mm. Estos núcleos fueron obtenidos

de un bloque grande de tiza , cortados en el laboratorio. Diez de estos núcleos fueron ensayados con un contenido de humedad promedio del 27 %. Las propiedades elásticas fueron calculadas únicamente en los núcleos secados al aire, mientras que los cuatro de estos núcleos con un 27 % de humedad fueron llevados únicamente a rompimiento.

Para las medidas de las constantes elásticas se utilizaron medidores de esfuerzo en resistencias elásticas del tipo PSC 10-11 con una longitud de 10 mm, resistencias de 2.02, los cuales fueron colocados en la parte intermedia a ambos lados del espécimen para obtener un promedio para cada medida del esfuerzo axial y diametral.

Para efectos de registro de estas constantes se utilizó una unidad de registro y un sistema multicanal del tipo Huggenburger Weststone Bridge.

Posteriormente finalizados los preparativos, las muestras cilíndricas fueron colocadas en un marco de carga Clockhouse Engineering Ltd. tipo 7006 con una capacidad de hasta 10 Toneladas.

Los esfuerzos sobre las muestras fueron aplicados de acuerdo a ciclos de carga y descarga, y las deformaciones fueron obtenidas en la unidad de registro. Los incrementos de esfuerzo para los ciclos de carga fueron aplicados cada 0.147 MN/m² desde 0 hasta 1.176 MN/m² como máximo, el cual correspondió con un promedio del 27 % del esfuerzo último a la compresión. Para los ciclos de descarga, los incrementos fueron aplicados cada 0.294 MN/m² desde 0 hasta 1.176 MN/m².

Cuando se completaron ambos ciclos, se desconectaron los cables eléctricos y los medidores de esfuerzo, de tal forma que las muestras fueron llevadas a falla o sea a su último grado de resistencia.

En relación con el contenido de humedad, en la Figura N^o 1 se observa que existe una evidente tendencia por parte de la resistencia a la compresión simple o uniaxial a decrecer cuando el contenido de humedad aumenta. Este comportamiento ocurre principalmente en rocas blandas o de baja resistencia que son muy sensitivas a pequeñas variaciones en el contenido de humedad.

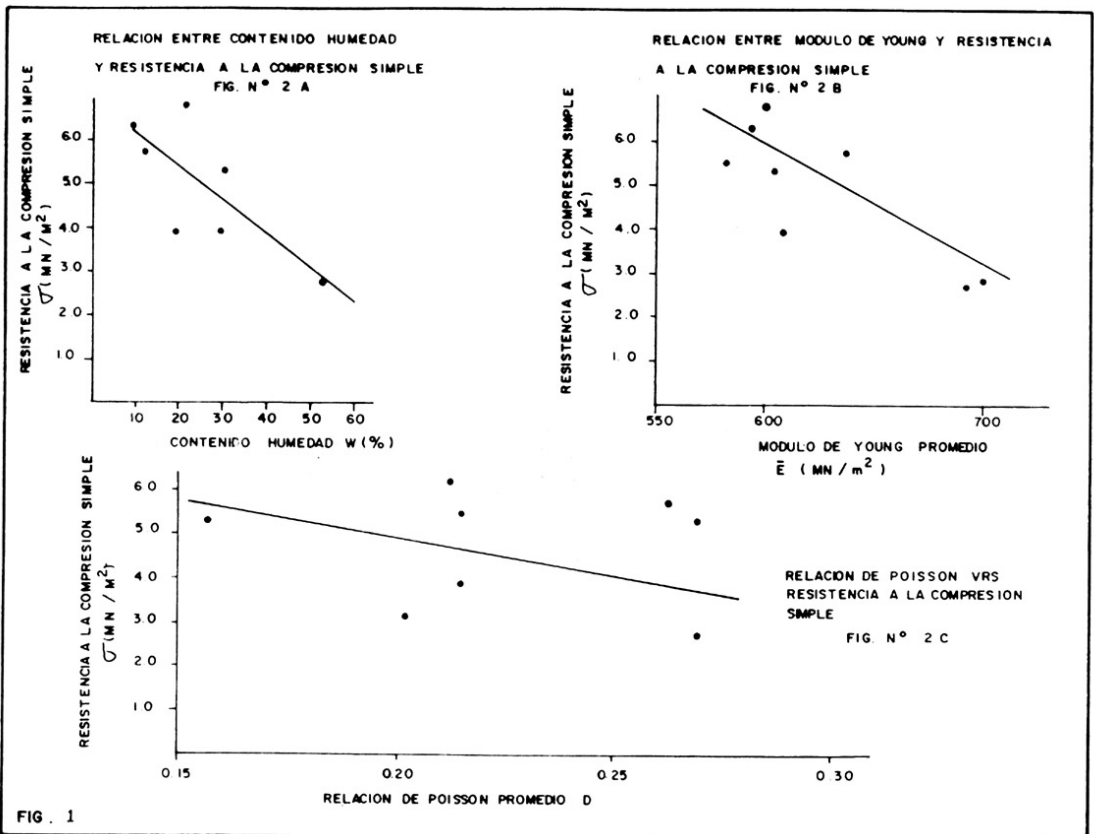


FIG. 1

Las muestras secadas al aire mostraron una variación en la resistencia a la compresión uniaxial entre 6.8 MN/m² y 2.7 MN/m², con un valor promedio de 4.8 MN/m² (ver Tabla N^o 1).

El segundo grupo de muestras (W=27 %) mostró valores de resistencia dos veces menores que las del primer grupo. Su resistencia a la compresión varió entre 2.9 MN/m² y 2.4 MN/m², con un promedio de 2.6 MN/m², lo que clasifica a este tipo de roca como de baja resistencia- (I.S.R.M., 19878).

Muchas diferentes clasificaciones acerca de este parámetro han sido propuestas en la Mecánica de Rocas, aunque en la Figura N^o 2 se condensan cinco de las principales con el fin de observar sus similitudes y diferencias (Hagerman, 1966). Como puede ser notado, existen discrepancias en cuanto a las diferentes denominaciones de acuerdo al grado de resistencia a la compresión simple de las rocas, pero tomando como base la escala de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, las rocas blandas estarían clasificadas principalmente como de baja resistencia, comportándose o teniendo características a veces similares a las de un suelo.

En relación al Módulo de Young, en la Figura N^o 1 se relaciona la resistencia a la compresión inconfiada con el promedio de dicho Módulo, obtenido a partir de ciclos de carga y descarga para cada muestra. De acuerdo a ello se observa que la relación entre estos dos parámetros es inversamente proporcional, lo cual es mostrado por una pendiente negativa. El módulo de elasticidad obtenido de estos dos ciclos varió entre 700 y 380 MN/m². También en la Figura N^o 1 se muestra la relación entre la resistencia a la compresión inconfiada y la relación de Poisson, el cual varió entre 0.16 y 0.27.

Como puede observarse, existe una ligera tendencia de todos los puntos a tener una pendiente negativa, lo que está representado por el pequeño ángulo de la línea recta obtenida.

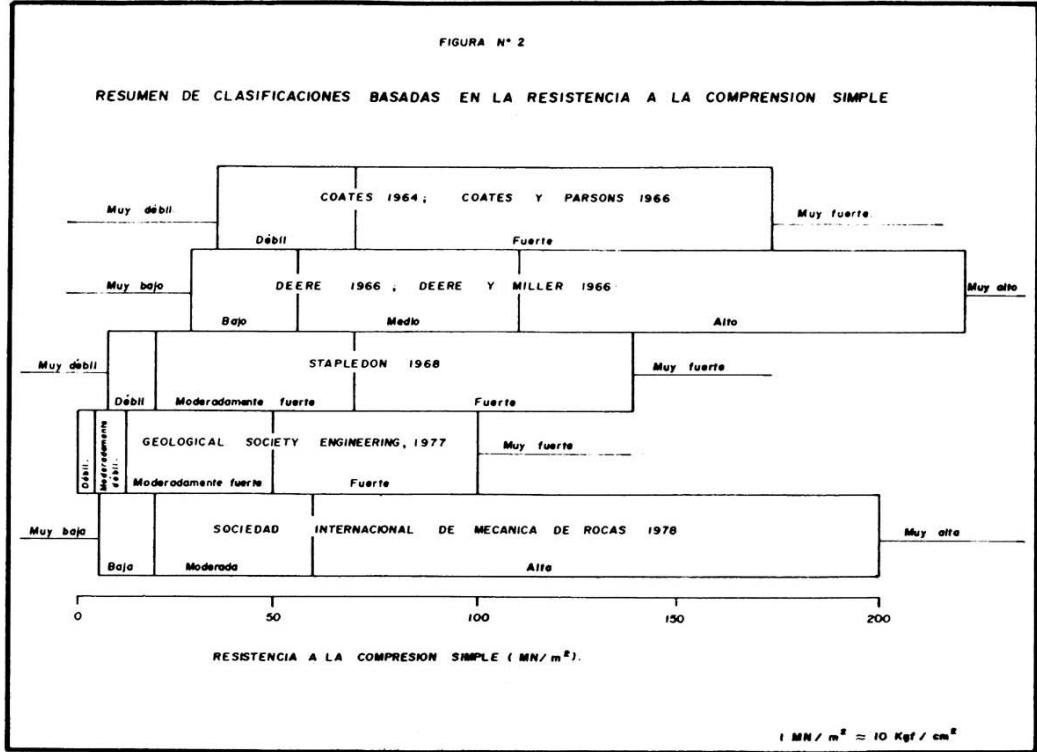
Finalmente, desde el punto de vista de las fracturas desarrolladas durante el ensayo en las muestras cilíndricas previamente descritas,

TABLA N° 1
RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

MUESTRA N°	CONTENIDO HUMEDAD %	COMPRESION SIMPLE G (MM/M ²)	MODULO DE YOUNG (MM/M ²)			RELACION POISSON			RELACION MODULO RM = E/G
			E ₁	E ₂	Ē	v ₁	v ₂	v̄	
6	0.29	3.920	622	594	608	0.238	0.192	0.215	155
	0.0	5.313	365	397	381	0.159	0.155	0.157	72
7	0.30	5.290	632	582	607	0.303	0.236	0.270	115
8	0.21	6.771	606	591	599	0.240	0.225	0.233	88
9	0.12	5.713	664	609	637	0.287	0.239	0.263	111
10	0.19	2.745	730	653	692	0.320	0.219	0.270	252
14	0.09	6.260	600	588	594	0.200	0.223	0.212	95
15	0.20	3.144	507	503	505	0.200	0.203	0.202	161
17	0.55	5.525	586	576	582	0.204	0.196	0.215	105
20	0.53	2.833	784	613	699	0.281	0.199	0.240	247
Pm = 4.251			Pm = 590			Pm = 0.228			
2	25	2.880							
11	28	2.674							
12	30	2.469							
22	26	2.410							
Pm = 2.61									

NOTA E₁ Y V₁ VALORES DEL PRIMER CICLO
E₂ Y V₂ VALORES DEL SEGUNDO CICLO
Ē Y v̄ VALORES PROMEDIO DE AMBOS CICLOS

LAS ROCAS BLANDAS



se obtuvieron principalmente del tipo longitudinal, diagonal y doble cono.

Ensayo triaxial

Para este ensayo se emplearon 15 muestras cilíndricas bajo las siguientes características:

- a) Primer grupo: Seis muestras con diámetro de 38 mm (1 ½ pulgadas) y altura de 76 mm, bajo las condiciones de secado al aire en forma natural.
- b) Segundo grupo: Seis muestras de 38 mm de diámetro y altura de 76 mm, con un promedio en el contenido de humedad de 26 %.
- c) Tercer grupo: Tres muestras con diámetro de 76 mm (3 pulgadas) y 152 mm de altura, bajo condiciones de secado al aire en forma natural.

Para los dos primeros grupos se utilizó un marco de carga Clockhouse Engineering Ltd., tipo 7006 con capacidad para 10 Toneladas. - Los especímenes fueron colocados en una celda triaxial de Hoek para muestras con estas dimensiones, con una membrana de uretano diseñada para presiones superiores a los 70 MN/m². Se utilizaron placas sólidas y semiesféricas de 76 mm de diámetro en ambas caras de los cilindros. Además la presión de confinamiento fue aplicada en forma manual y medida con un medidor de presión con una capacidad superior a los 100 Kgrf/cm². La carga axial fue aplicada hasta que la muestra fallara, cuyo valor fue registrado en un medidor con una sensibilidad de 11.52 N/división.

Para las muestras del tercer grupo, el procedimiento empleado fue el mismo al descrito previamente, con la única diferencia que el marco de carga empleado fue cambiado por conveniencia hacia otro de más alta capacidad, debido al mayor dimensionamiento de los cilindros. - Esta vez el marco empleado fue Clockhouse Engineering Ltd. del tipo 7050, con 50 Toneladas de capacidad y medidores de registro con una

sensibilidad de 63.74 N/división. El esfuerzo axial fue aplicado por métodos mecánicos que suministraron una velocidad de 1524 mm dentro del rango rápido.

De acuerdo a los datos obtenidos, resumidos en la Tabla N^o 2, nos permiten concluir que las muestras con diferente diámetro (38 y 76 - mm) y bajo condiciones de secado al aire, mostraron aproximadamente el mismo valor de cohesión y de ángulo de fricción interna (Figuras 3 y 4). Debido a que la diferencia en el diámetro no afectó los resultados, da lugar a pensar en la presencia de una remarcada isotropía por parte de la tiza.

La principal diferencia se encontró en aquellas muestras que mostraron un contenido de humedad (W=26 %) en donde éstas dieron un valor más bajo en la cohesión que aquéllas bajo condiciones de secado al aire, debido a que la presencia de agua reduce las características de resistencia y de cohesión de las rocas (Figuras 3 y 4).

Por otra parte, como se muestra en la Tabla N^o 2, se aplicaron bajas presiones de confinamiento debido a las características de baja resistencia por parte de esta roca, y por la posibilidad de disgregación a valores mayores a los empleados.

Por último se obtuvieron tres tipos principales de fallas: doble cono, longitudinal y diagonal a la muestra. El tipo doble cono se observó principalmente para valores más altos de la presión de confinamiento (entre 6 y 8 Kgrf/cm²) mientras que las del tipo diagonal y longitudinal se desarrollaron principalmente a valores más bajos.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista geotécnico, la investigación de la distribución, tipo y propiedades físicas de los materiales bajo superficie se requiere para el diseño final de la mayoría de las obras de infraestructura en la ingeniería civil. En cuanto a la simulación en dichos parámetros y características en el laboratorio, las muestras deben de ser transportadas cuidadosamente para sus ensayos respectivos

TABLA N° 2
PARAMETROS DEL ENSAYO TRIAXIAL

DIAMETRO D (mm)	CONTENIDO HUMEDAD W (%)	CARGA AXIAL σ_1 (Kgf/cm ²)	PRESION CONF σ_3 (Kgf/cm ²)	ESFUERZO NORMAL σ (Kgf/cm ²)	RESIST CORTE τ (Kgf/cm ²)	ANGULO FRICCION INTERNA β (GRADOS)	COHESION C (Kgf/cm ²)
	SECADO AIRE	68.00	1	34.50	41.16	35	17
		77.80	2	39.90	44.94		
		79.87	3	41.40	46.02		
		83.67	5	44.30	48.05		
		91.72	6	48.86	51.21		
		96.87	8	52.44	53.72		
38	26	31.23	1	16.12	18.29	35	7
		32.77	2	17.39	19.18		
		36.07	3	19.54	20.68		
		48.43	5	26.72	25.71		
		51.53	6	28.77	27.14		
		53.59	8	30.80	28.57		
76	SECADO AIRE	62.0	2	32.00	36.58	34	15
		67.71	4	33.86	37.64		
		74.85	6	40.30	42.27		

LAS ROCAS BLANDAS

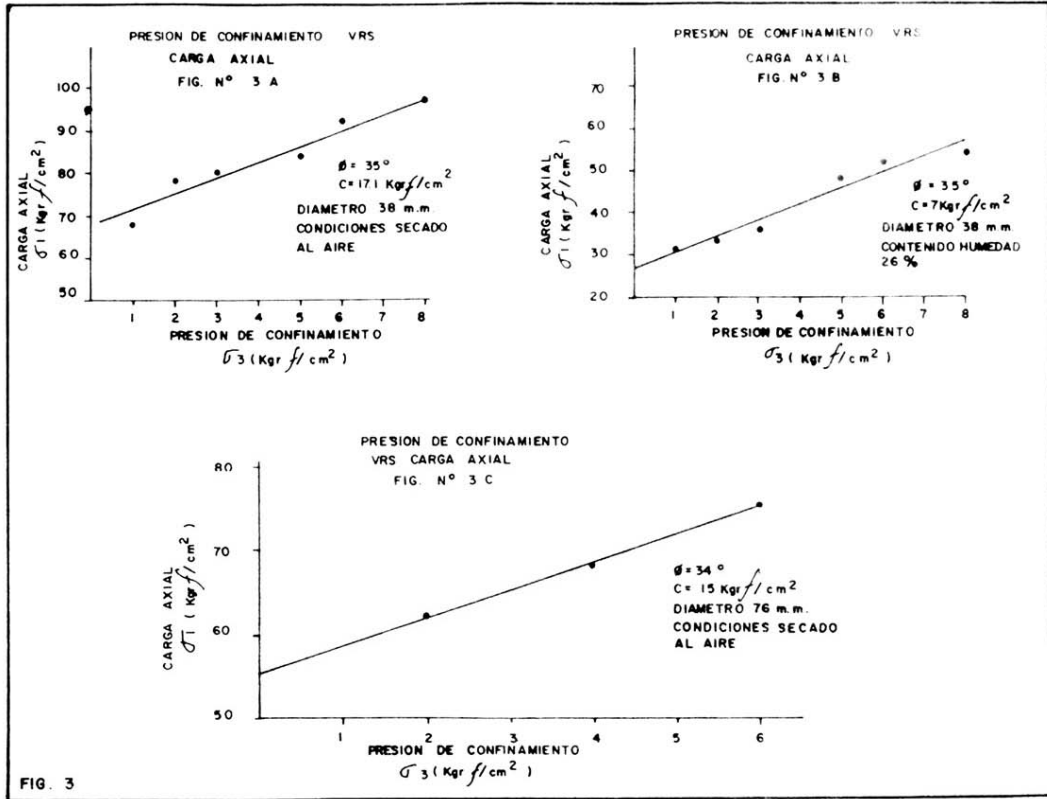


FIG. 3

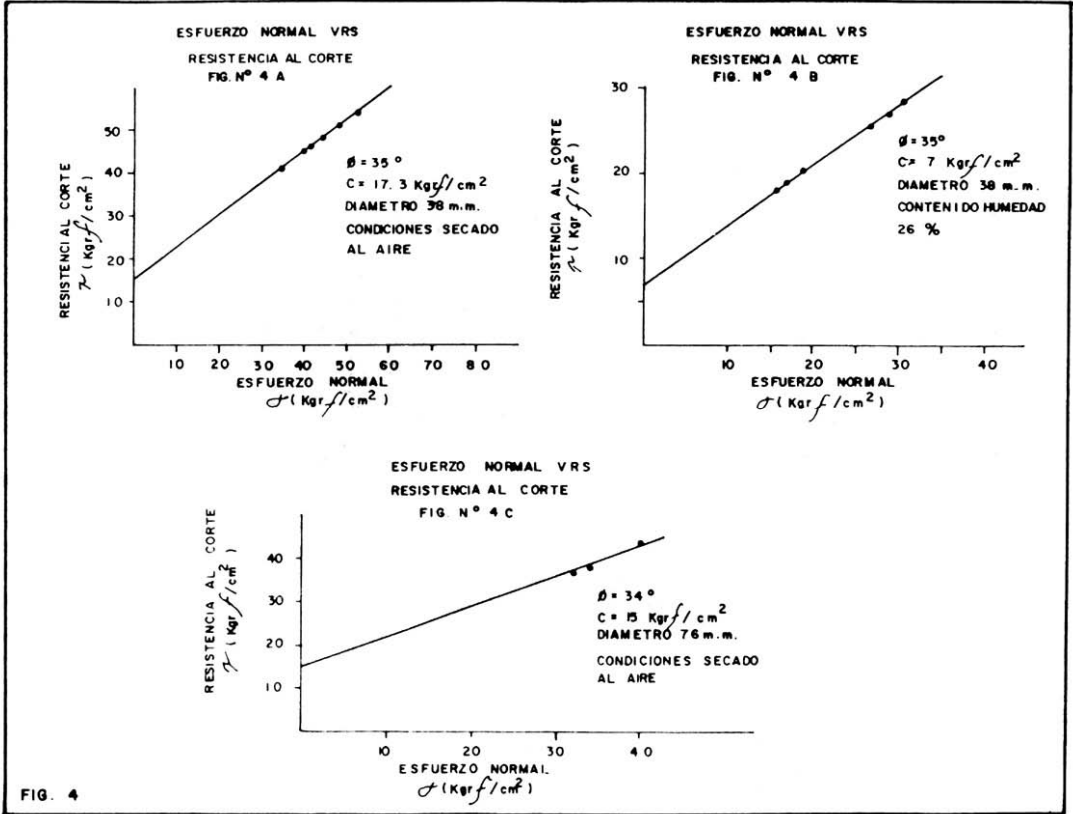


FIG. 4

Las condiciones naturales, ya sean normales o extremas, deben de reproducirse en el laboratorio para facilitar la investigación de ciertos parámetros cuyos resultados van a ser tomados en cuenta durante la fase de diseño de la obra.

Especial consideración desde el punto de vista geotécnico merecen las discontinuidades durante la investigación de los macizos rocosos, ya que éstas controlan la mayoría de las características de los mismos.

En relación a las rocas blandas o de baja resistencia, no existe mucha literatura al respecto, ya que esta clase de roca es relativamente frágil y difícil de muestrear en el campo. Este tipo de roca tiene una gran tendencia a quebrarse a la hora de prepararse, y por efectos de manipuleo. Además los cambios en el contenido de humedad por influencia del ambiente, microfisuración, etc., son factores que también pueden afectar los resultados,

Como ha sido comentado ampliamente a través del análisis de resultados, existen diferentes ensayos de laboratorio que pueden ser empleados para la caracterización de las rocas. Dentro de éstos se distingue principalmente el ensayo de compresión simple como una de las pruebas más importantes para la caracterización de resistencia de un material. Además existen otros ensayos (carga puntual, triaxial, etc.) que permiten corroborar y ampliar aún más las nociones de resistencia de los cuerpos sólidos.

Uno de los fines que persigue recalcar y puntualizar este trabajo, es el de ahondar más en la importancia que reviste el estudio metodológico de las rocas, con hincapié en aquéllas que poseen la característica de baja resistencia y los problemas que se involucran en su preparación para llevar a cabo los ensayos pertinentes a la hora de estudiar su comportamiento físico en estrecho vínculo con las obras de ingeniería.

En Costa Rica, al igual que en muchas otras áreas localizadas en climas tropicales principalmente, en donde los procesos exógenos al-

teran las características intrínsecas de los materiales, el análisis de sus características físicas es imperativo.

A través de estos estudios técnicos se podrán abaratar los costos a través de soluciones de diseño más apropiados y seguros, que permitan facilitar el problema constructivo y de vidas humanas.

BIBLIOGRAFIA:

- Bieniawski, Z.T., 1975: The point-load test in geotechnical practice. Eng. Geol., 9: 1-11.
- Broch, E. & Franklin, J.A., 1972: The point-load strength test. - Int. J. Rock Mech. Sci. Vol., 9: 669-697.
- D'Anfrea, D.V., Fisher, R.L. & Fogelson, D.E., 1965: Prediction of compressive strength of rock from other rock properties. U.S. Bur. Mines Rep. Inves. - 6702 pag.
- Franklin, J.A., 1970: Classification of rock according to its mechanical properties. Imperial College Royal School of Mines. London England.
- Hangerman, Tor H., 1966: Different types of rock masses from Rock Mechanics point of view. - Roc, Mech. and Eng. Geol., Vol. IV/3: 184-198.
- International Society for Rock Mechanics, I.S.R.M., 1973: Suggested method for determining the point-load strength index. I.S.R.M. Committee on Laboratory Tests. Document 1: 5-12.
- International Society for Rock Mechanics, I.S.R.M., 1978: Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. Commission on standardization of laboratory and field tests. - Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. Vol. 16: 125-140.
- Ramírez, O., 1980: Chalk as a soft rock. - Imperial College Royal School of Mines. London, England.
- Sanders, M.K., 1967: Chalk and its engineering characteristics. - Imperial College School of Mines. London, England.