



## La designación RQD y la frecuencia de fracturas utilizando el televiwer acústico y óptico

Juan Tito Mendoza A<sup>1</sup>, David Abarca Alfaro<sup>1</sup>, Rosa Juarez Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Borettek SAC, Calle Francia 173, Urb Los Portales de Javier Prado, Ate, Lima

### RESUMEN

Los parámetros RQD y  $J_n$  son importantes datos de entrada para la clasificación del macizo rocoso Q-Barton y RMR. Los registros Televiwer acústico y óptico son herramientas de imagen de pozo, el primero transmite y registra la amplitud y el tiempo de tránsito de pulsos sucesivos reflejados de la pared del pozo, y el segundo da imágenes continuas por medio de un prisma y una cámara con una unidad interna de luces. Aunque su uso principal es la detección y orientación de las fracturas naturales; con el software WellCAD, los Televiwers calculan automáticamente la designación RQD y la frecuencia de fracturas naturales comparable a las obtenidas en el logeo geotécnico y con la ventaja de ser automática y objetiva.

Palabras claves: rqd, frecuencia de fracturas, logeo geotécnico, televiwer, comparación.

### ABSTRACT

RQD and  $J_n$  values are entry parameter in the rock mass classification methods Q-Barton and RMR. The Acoustic Televiwer and Optical Televiwer are image downhole tools. The first transmits and records the amplitude and travel time of successive pulses reflected off the borehole wall, whereas the second consists of a continuous true-color image, generated via a rotating prism and camera housed with an internal lighting unit. Principal uses are the detection and the orientation of natural fractures comparative to those obtained from the geotechnist, but with the advantage of being

automatic and objective.

Keywords: rqd, fracture frequency, geotechnical log, televiwer, comparison.

### INTRODUCCIÓN

Luego de algunos años de la introducción de la tecnología de adquisición de registros geofísicos de pozo en minería, surge la pregunta: ¿Vale la pena adquirir registros geofísicos de pozo como los Televiwer cuando se está recuperando los testigos? La respuesta puede ser incierta. Tal vez el costo no justifica el beneficio. Sin embargo, aunque con el testigo se tienen las fracturas y fallas, estas no están orientadas. La recomendación es que se debe adquirir los registros, y más aún, se debe utilizar y explotar la gran cantidad de información que éstos proveen por medio del software que la tecnología a puesto a disposición. Los registros son útiles tanto por los exploracionistas como por los geotecnistas. El primero busca la distribución mineralógica que generalmente está controlada por las estructuras geológicas debido a la historia tectónica polifásica de los Andes, y su interés es la tipificación y orientación de las estructuras. Pero para que el proyecto pase a una etapa de factibilidad, es necesaria la documentación cuantitativa del macizo rocoso referido como discontinuidades. Por lo que se requiere que el geotecnista aplique métodos matemáticos y estadísticos a un tópico que anteriormente fue tratado de una manera cualitativa.

Los métodos de clasificación geotécnica Q-Barton

(Barton, et al, 1974) y RMR (Bieniawski, 1976) requieren del mapeo de la designación de calidad de roca, familia de estructuras y la condición de aguas para prevenir los riesgos del macizo rocoso que es heterogéneo y anisotrópico. El método Q-Barton consiste en el producto de 3 cocientes combinados de la siguiente manera:  $Q = (RQD/J_n) \times (J_r/J_a) \times (J_w/SFR)$ . Se tratará solo el primer cociente, RQD/J<sub>n</sub>, donde RQD (rock quality designation) es la designación de calidad de roca y J<sub>n</sub> es el número de sets de fracturas en el macizo rocoso. El cociente indica la blocosidad de la formación representando el tamaño del bloque medio del macizo. El método RMR, requiere RQD y s (espaciamiento de las estructuras). Por definición, J<sub>n</sub> y s se relacionan con la frecuencia de fracturas, que es el número de fracturas por metro lineal. Una vez que las fracturas son identificadas manualmente en el Televiewer, RQD y la frecuencia de fracturas son procesadas con el programa WellCAD (ALT, 2015).

**LA DESIGNACIÓN RQD Y LA FRECUENCIA DE FRACTURAS**

RQD fue desarrollado por Deere, et al (1967), y se define como el porcentaje de la suma de las longitudes de piezas intactas que miden 0.1 m (cut off) o mayores respecto a la longitud del tramo escogido. Formalmente Priest (1993) lo definió así:

$$RQD = 100 \sum_{i=1}^n X_{ti} / L$$

Donde, X<sub>ti</sub> son los trozos de longitud i<sup>th</sup> (i.e. el pedazo de testigo i<sup>th</sup>) que excede el nivel t. L es la longitud del tramo. La expresión matemática está dada por Vali and Arpa (2013):  $RQD = 100 (0.1 \lambda + 1) e^{-0.1 \lambda}$ , donde λ es la frecuencia de fracturas por metro lineal. A mayor frecuencia de fracturas, los bloques serán más pequeños y viceversa. RQD y la frecuencia de fracturas son medidos de los testigos de perforación en el logueo geotécnico, pero con los registros Televiewers, la obtención de estos datos es automática y objetiva.

**RQD Y FRECUENCIA DE FRACTURAS DE LOS REGISTROS TELEVIEWERS**

El Televiewer acústico (ATV) es una herramienta que transmite y registra la amplitud y el tiempo de tránsito de pulsos sucesivos de ultrasonido reflejados de la pared del pozo. El Televiewer óptico (OTV) genera imágenes continuas en color ver-

dadero a través de un prisma en rotación y una cámara encapsulada en una unidad interna de iluminación. Ambos tienen sistemas de navegación que orientan las fracturas y determinan la inclinación y azimut del pozo. ATV y OTV son usados complementariamente, en pozos con agua se corre el ATV y en pozos sin agua se prefiere usar el OTV.

WellCAD calcula RQD desde su expresión matemática sumando fracturas mayores a 0.1 m, y dividiéndolo por la longitud del tramo que usualmente es 0.5 m. Como el ATV/OTV son registros in-situ, las fracturas naturales desarrollan bien una sinusoide en la imagen rebatida, por lo que se distinguen las fracturas inducidas de las naturales por no desarrollar una sinusoide. Debido a la foliación de las rocas metamórficas, la clasificación cualitativa de la masa rocosa se ve afectada y los valores RQD medidos en los testigos son 10-30% menor que aquellos medidos con los televiewers (Vavro, et al, 2015),

**COMPARACIÓN DE LOS DATOS DEL TESTIGO Y DE LOS TELEVIEWERS**

En la práctica se asume que algunos trozos cortados son por fractura natural, cuando en realidad han sido rotos durante la perforación o por la recuperación de testigo, produciéndose intervalos perdidos que no se pueden caracterizar en el logueo geotécnico. En cambio los televiewers registran in-situ la pared del pozo y por la imagen sinusoide total, se descarta las fracturas inducidas de las naturales. Una correlación entre los resultados del Televiewer acústico y los testigos, para la frecuencia de fracturas y RQD fue hecho en una mina a tajo abierto en Noruega (Rigler, et al, 2016) (Fig 1).

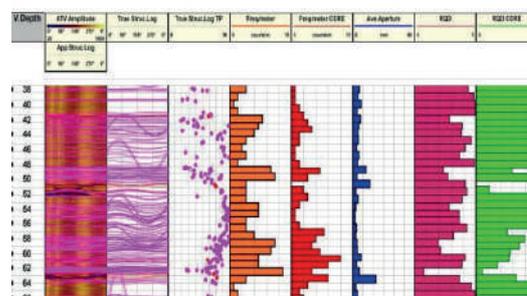


Fig. 1. La frecuencia de fracturas del Televiewer (anaranjado) y del testigo (rojo); y el RQD del Televiewer (rojo oscuro) y del testigo (verde), son casi idénticas. Las zonas más fracturadas (imagen), a 49-50m, 59-60m y 62m, indican la frecuencia de fracturas aumentando y RQD disminuyendo con mayor certeza en el Televiewer.

En el Perú, Cuzco, se registró un pozo en 2017 y se obtuvo los datos de RQD por parte de la operadora minera para hacer la comparación. En la Tabla 1 los valores RQD del intervalo 105.95m-118.50m del registro geotécnico son comparados con el registro ATV (Fig. 2). El muestreo en el logueo geotécnico es variable (1.55m a 3.20m), en el registro es constante, 0.5m. Además el registro muestra la frecuencia de fracturas.

PROFUNDIDAD (m)	COD. LITO	LITOLOGÍA	TIPO DE FRACT.	RQD (%)
105.95	51	Diorita	J	88
109.15	51	Diorita	J	92
112.25	51	Diorita	J	95
115.40	51	Diorita	J	92
118.95	51	Diorita	J	90
118.50	51	Diorita	J	87

Tabla 1. Parte del logueo geotécnico intervalo 105.95m-118.50m, RQD en porcentaje

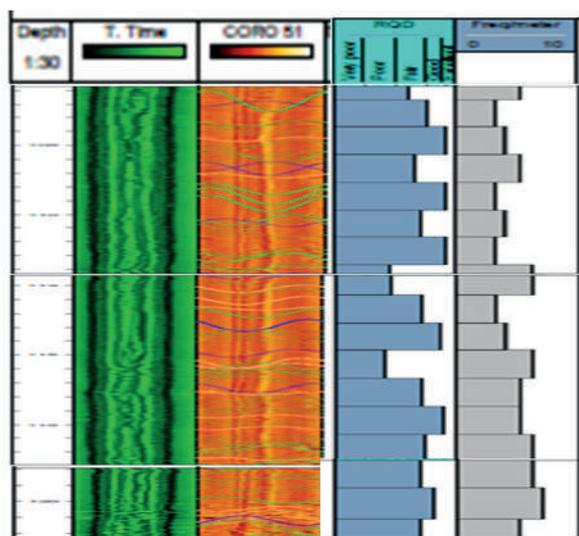


Fig. 2. De izquierda a derecha: profundidad, tiempo de tránsito, amplitud, RQD y frecuencia de fracturas del mismo intervalo de la Tabla. A 105.95m el logueo geotécnico indica un RQD de 68%, y el Televiewer registra su equivalente Regular. De allí hasta 118.50m el logueo geotécnico da un RQD constante 87-95%, y el registro RQD es Buena-Excelente. Como el tramo del Televiewer es 0.5m ha detectado dos sub-intervalos de 0.25m con RQD Pobre-Media. La frecuencia de fracturas como es lógico, es inversamente proporcional a la designación RQD.

Aún los ojos del geólogo entrenado no es suficiente para recolectar y procesar la gran cantidad de datos que están allí, listas para ser interpretadas con las nuevas ideas, y así confirmar la cuestión

inicial de adquirir los registros Televiewer y utilizarlas además de la orientación de estructuras, en la obtención del RQD y la frecuencia de fracturas.

## CONCLUSIONES

Aunque los valores RQD y la frecuencia de fracturas son calculados por los Televiewer, el registro geotécnico siempre debe continuarse porque el objetivo es subdividir la zona mineralizada en dominios geotécnicos similares.

## REFERENCIAS

ALT (Advance Logic Technology), 2015, WellCAD v.5.1 software manual, Luxembourg.

BARTON, N., LIEN, R., AND LUNDE, J., 1974, Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, 6: 189-236.

BIENIAWSKI, Z.T. 1976. Rock mass classification in rock engineering. In: *Proceedings of the Symposium Exploration for Rock Engineering*, Johannesburg, 1-5 Nov. 1976. Geotechnical Division of the South African Institution of Civil Engineers and the South African Group on Rock Mechanics. A.A. Balkema, Cape Town, pp. 97-106.

DEERE, D.U., HENDRON, A.J., PATTON, F.D., AND CORDING, E.J., 1967, Design of surface and near surface construction in rock. In: *Proceeding of the 8th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, Minneapolis, Minn, September 1966. Society of Mining Engineers. The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers (AIME), New York, pp. 237-302.

PRIEST, S, 1993, *Discontinuity analysis for rock engineering*, Chapman & Hall, London. (En: rqd analysis from wellcad, Internet)

RIGLER, B., BOTSIALAS, K., CÁRDENAS, M., 2016, Structural characterization of hard rock formation using wireline borehole logging techniques in an open pit mine, Norway. *Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting Challenges*, In: *Nordic Geotechnic*, 25-28 of May, Reykjavik.

VALI, B. AND ARPA, G., (2013), Finding the relationship between RQD and fracture frequency in the different OkTedi lithologies. *Procedia Earth and Planetary Science* 6, p. 403-410.

VAVRO, M., SOUCEK, K., STAS L.,

PTÁČEK, J., 2015, Application of alternative methods for determination of rock quality designation (RQD) index: a case study from the Rožná I uranium mine, Strážek Moldanubicum, Bohemian Massif, Czech Republic. In: Canadian Geotechnical Journal 52(10), July. (En: rqd from televiewer, Internet).