

Caracterización en obra y minería subterránea por monitorización de la perforación

Iker García Herrero

Ingeniero Técnico de Minas e Ingeniero de Materiales, Profesional Libre.

La perforación monitorizada va cobrando protagonismo con los años al constituirse un medio más económico en obra que la clásica ejecución de sondeos. Se registran los parámetros de perforación, interpretando posteriormente esos datos para determinar el estado del yacimiento o macizo rocoso.

Palabras Clave: perforación rotopercutiva, parámetros, velocidad de avance, torque, caudal y empuje, litología y macizo rocoso.

The Monitoring while drillins sistem is more important over the years, this method is cheaper than classic core exploration drilling. The drilling parameters are recorded and studied, this data study is used to improve rock mass or ore deposit knowledge.

I. INTRODUCCIÓN

La monitorización del frente de túnel constituye un medio económico de reconocer el macizo rocoso desde el frente de túnel frente a los clásicos sondeos con extracción de testigo, siendo un medio más rápido y económico dentro de la obra subterránea no requiriendo instalaciones adicionales. Sobre la base de una revisión bibliográfica completa de la zona objeto de estudio se diseña una campaña de trabajos de campo en la que se investiga la estratigrafía y la estructura. Como consecuencia de

dicha investigación se realiza:

El estudio de sus parámetros puede ayudar a la detección de cavidades, fisuras y otras estructuras, la profundidad y/o longitud, así como a determinar propiedades resistentes del terreno.

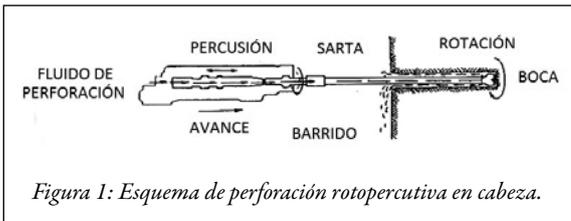
Puede ser una importante herramienta para evaluar la perforabilidad y la presencia de agua en los metros siguientes al frente excavado, ayudando a drenar el terreno dependiendo de la disposición y longitud de las perforaciones.

En investigación minera resulta de utilidad por diferencia de los parámetros entre la roca encajante y el yacimiento, estudio de los ciclos de perforación para voladura y el suministro del detrito para analizar.

2. PERFORACIÓN ROTOPERCUTIVA

Es el sistema clásico empleado en la perforación de barrenos al frente en minería. Al corte por rotación y empuje se le une el impacto producido por un pistón, produciendo mayor rendimiento en terrenos rocosos de consistencia semidura a muy dura.

En la figura 1 se observa una explicación gráfica del sistema de perforación.



Para obtener una medida completa y representativa del macizo a estudiar, es necesario, medir al menos los siguientes parámetros de la máquina durante la perforación:

- Velocidad de penetración
- Torque
- Empuje
- Percusión
- Fluido de barrido (en presión y caudal)

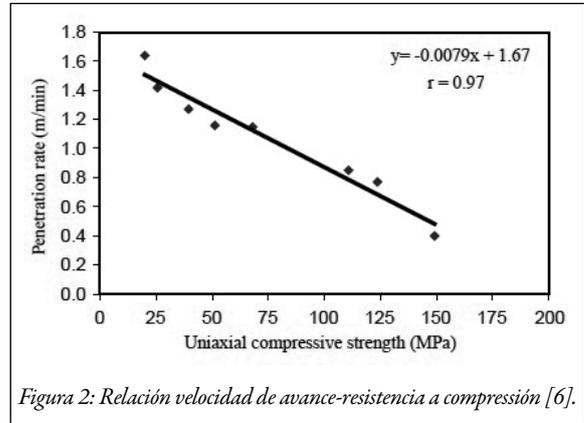
A partir de estas graficas, por comparación entre ellas, con una base de datos, reconocimientos iniciales del frente y ensayos previos realizados en los primeros metros de la excavación, se podrá obtener información del macizo rocoso vital en sucesivas perforaciones.

3. PARAMETROS FUNDAMENTALES.

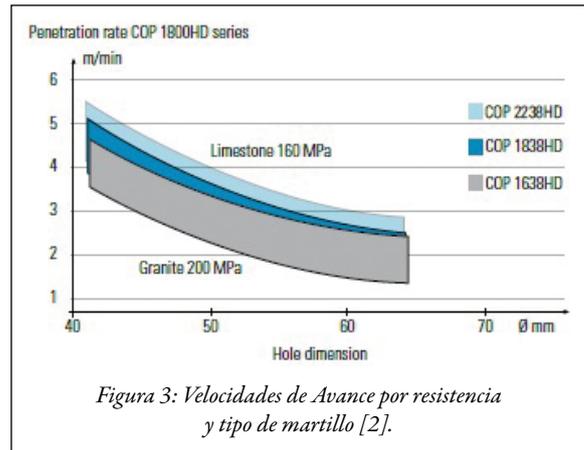
3.1. Velocidad de avance.

Es uno de los parámetros de perforación más importante, la velocidad de avance es un indicativo de la resis-

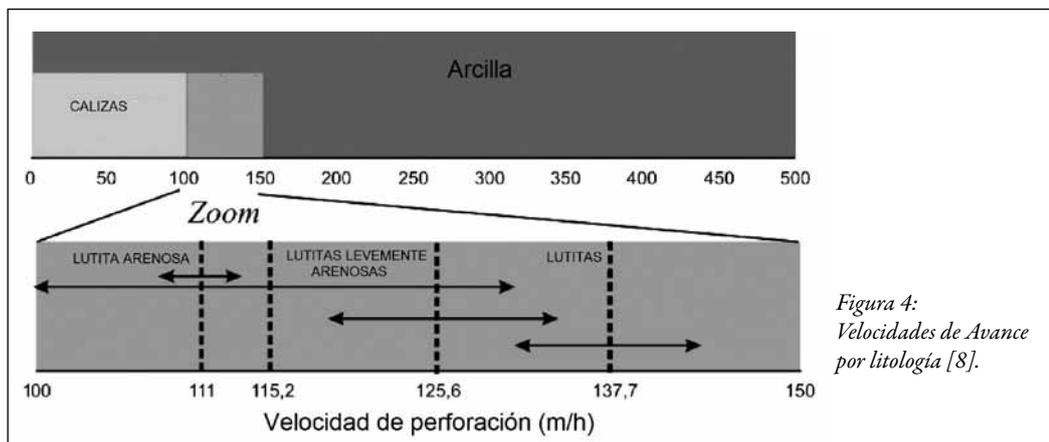
tenencia de la roca, la lógica dicta que a menor resistencia de ésta, mayor velocidad de penetración. Se mide en unidades m/min o m/h.



Para la evaluación de la caracterización del terreno, será fundamental el conocimiento de los martillos acoplados al jumbo o a los brazos perforadores.



Cada material o estructura dará lecturas diferentes, siendo necesario el conjunto de los parámetros, muestras y un conocimiento geológico-geotécnico del terreno para poder determinar las distintas litologías y posibles estructuras. (Fig 4)



Es el parámetro con más cantidad de estudios realizados, ya que permite predecir con mayor exactitud el tiempo de perforación de barrenos y así mejorar la eficiencia de los ciclos de perforación en avances siguientes ejecutados por el método de perforación y voladura.

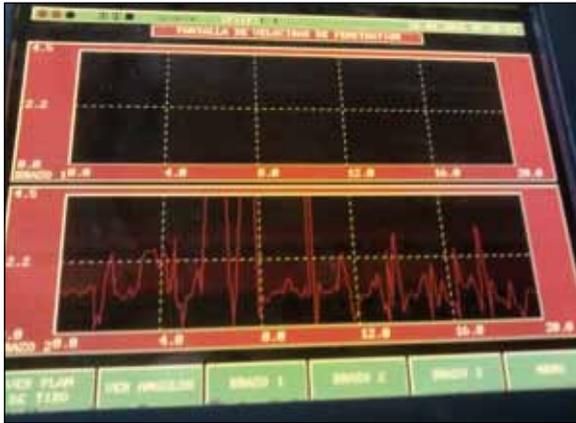


Figura 5: Salida de jumbo del parámetro velocidad de perforación.

3.2. Rotación-Torque.

Par requerido por el martillo para arrancar una esquirla de roca dentro del barreno.

3.3. Empuje.

Presión sobre la boca necesaria para mantener en contacto los insertos con el terreno.

3.4. Percusión.

Presión o frecuencia de impactos, necesarios para romper la roca.

3.5. Energía específica.

La energía específica es un parámetro que nos indica la energía necesaria para destruir una unidad de volumen, es un dato muy interesante para las excavaciones que se realicen con minadores puntuales y tuneladoras, este parámetro tiene relación directa con la resistencia a compresión de la roca.

En el caso de la perforación rotopercutiva, la ecuación que se emplea para la ejecución de un barreno. Energía específica (Pa o J/m³) de una perforación rotopercutiva [1] y [9]:

$$E = \frac{P_{Perc}}{A \cdot VP} + \frac{F_{Emp}}{A} + \frac{T \cdot \omega}{A \cdot VP} \quad (\text{eq. 1})$$

Donde:

- P_{Perc} es la potencia de percusión (w)
- F_{Emp} es la fuerza de empuje (N)

- T es el torque (N-m)
- ω es la velocidad angular
- VP es la velocidad de penetración (m/s)
- A es el área de perforación (m²)

Es habitual que la lectura de datos de los sensores sea en unidades de presión MPa o kJ/m³.

4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Par poder realizar una interpretación válida, es fundamental realizar los sondeos con la misma configuración siempre (incluyendo parámetros de la maquinaria) para obtener un histórico que servirá especialmente a lo largo de la obra, se debe de evitar caer en la tentación de modificar los parámetros de perforación establecidos desde un comienzo para finalizar la labor antes.

A la hora de interpretar las graficas es necesario tener en cuenta que a medida que la longitud de la sarta de perforación aumenta, más se incrementa el rozamiento y el peso (menor rotación y empuje, pérdida de carga del fluido de perforación, etc.), también al aumentar las conexiones entre las barras, se obtienen pérdidas de hasta el 5-10% por barra adicional.

La recopilación de los parámetros de perforación durante la exploración, ayudará a la interpretación de las siguientes perforaciones que se realicen.

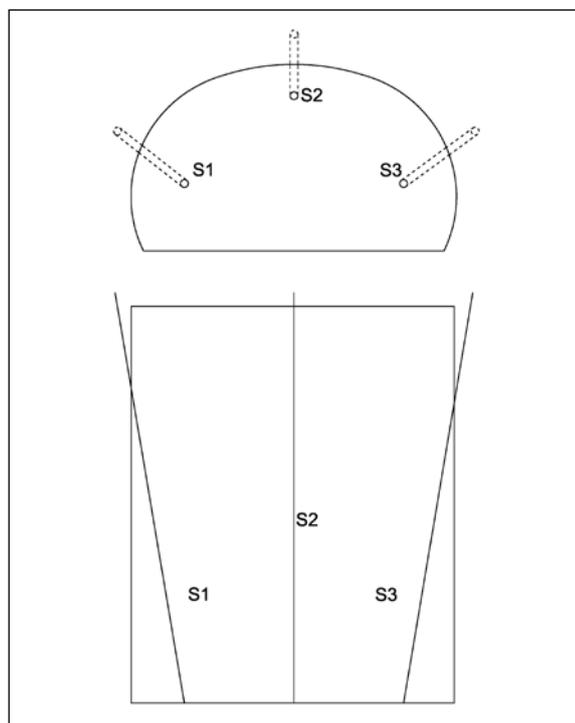


Figura 6: Morfología recomendada de perforación monitorizada para favorecer el drenaje.

4.1. Macizo rocoso

En rocas con alta resistencia a compresión simple se obtendrán velocidades de penetración pequeñas y pares de rotación altos, salvo que exista un espaciamiento de las fracturas pequeño comparado con el diámetro del barreno.

Se pueden identificar las fracturas y fisuras del macizo observando súbitos incrementos en la velocidad de perforación, al mismo tiempo el decrecimiento de la presión del fluido de perforación debido a la reducción de caudal

de vuelta dentro del barreno de perforación. Un súbito incremento de la presión del fluido o del caudal saliente, indica la presencia de una bolsa de agua en el macizo.

En el caso de la percusión, la frecuencia de los impactos (o presión) se incrementará cuanto más resistente sea la roca, disminuyendo la velocidad de penetración.

4.2. Minería y voladuras

La recogida del detritus de perforación y el registro de la profundidad de origen, provee de información litoló-

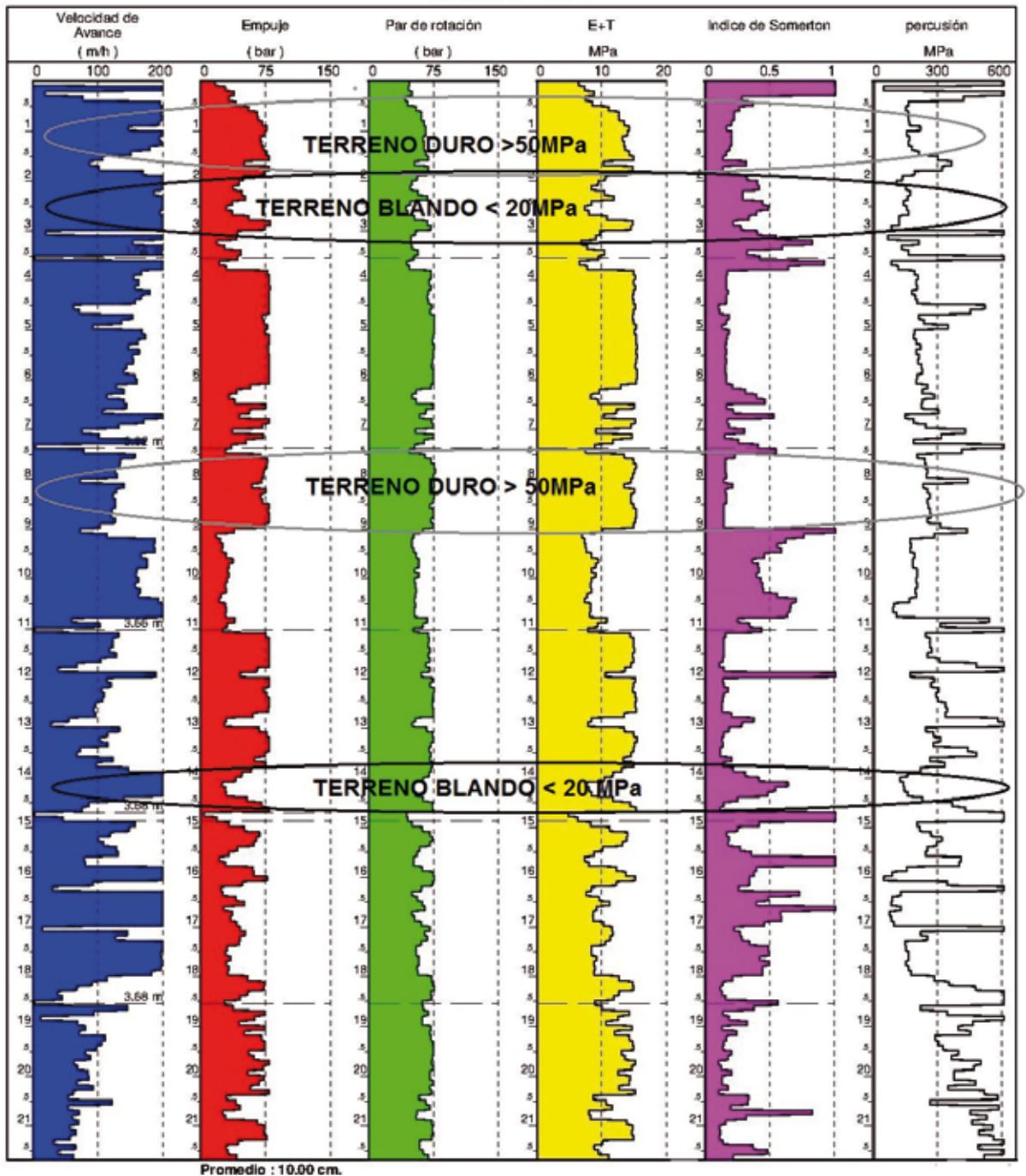


Figura 7: Ejemplo de perforación monitorizada de 21-22mm.

gica interesante del terreno atravesado por la sarta de perforación.

Perdida de material de la cabeza por desgaste por metro perforado, puede dar información de la abrasividad de la roca en el sondeo realizado, útil para el pronóstico de consumo de bocas de perforación y de picas en minados puntuales.

Mejor distribución de las cargas de explosivo para mejorar la fragmentación, sobre-excavaciones y aprovechamiento del explosivo.

Velocidad de perforación, que en el caso de las obras subterráneas ejecutadas con voladura, nos permite predecir con mayor exactitud el tiempo de perforación de barrenos y mejorar la eficiencia de la perforación.

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Diámetro de perforación: 51mm.

Martillo COP 1800HD

Sistema: Rotopercusión martillo en cabeza sobre deslizadora de jumbo.

Datos normalizados cada 10 cm (Potencia de los estratos decimétrica).

El terreno duro se detecta por una bajada en la velocidad de penetración, con aumento del empuje, la presión de rotación y variaciones en la percusión.

No se incluye la presión del fluido por no aportar datos añadidos, no presenta pérdidas, ni variación alguna, se concluye que no existen fisuras, ni huecos de importancia en el macizo.

El índice de Somerton que aparece en las graficas, no sería de gran utilidad en este caso, al estar destinado a la perforación por rotación y no a rotopercusión.

La toma de muestras del detritus desalojado por fluido de perforación, permite conocer la litología del macizo rocoso, que fue de margas (50-90 MPa) y areniscas muy alteradas (<20MPa), prácticamente sin cementar. ■

BIBLIOGRAFÍA

- 1 *A methodology for estimation of the specific rock energy index using corrected down-the-hole drill monitoring data.* Luis E. Izquierdo and Luciano E. Chiang, Trans. Inst. Min. Metall. Dec 2004.
- 2 *Catálogo Atlas Copco COP 1800HD series*, Hydraulic rock drills; Technical specification
- 3 *Characterization of Fractured-Rock Aquifers Using Drilling Parameters.* Jean Benoit, et al, Department of Earth Sciences and Department of Civil Engineering, University of New Hampshire, Durham, NH 03824
- 4 *Correlación entre los parámetros de perforación y las propiedades geomecánicas del terreno.* J.M. Galera y Gracia Olivenza, Geocontrol S.A.
- 5 *Drill Monitor with strata strength classification in near-real time.* W.K. Utt, G.Miller, et al, NIOSH 2002
- 6 *Dominant rock properties affecting the penetration rate of percussive drills.* S. Kahraman, et al. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Elsevier Ltd.
- 7 *Manual de perforación y voladura de rocas.* FJ Ayala Carcedo, et al, IGME 1994
- 8 *The role of rock mechanics in analysing overbreak: application to the Soumagne tunnel*, R.M. Schmitz, et al, *Multiphysics Coupling and Long Term Behaviour in Rock Mechanics*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 0415410010, EUROCK 2006.
- 9 *Weathered rock characterization using drilling parameters.* J Sugawara; et al, Canadian Geotechnical Journal; 2003