

LONGITUD DE AVANCE SIN SOSTENIMIENTO EN UN TÚNEL

Procedimientos de construcción. Prof. Víctor Yepes

PROBLEMA. Determinar la máxima longitud de avance sin sostenimiento de un túnel carretero de gran sección (12 m de anchura) sabiendo que del estudio geológico-geotécnico, se ha determinado que el macizo rocoso tiene un valor de *RMR* igual a 62 y un peso específico de 25,5 kN/m³. Estimar la carga de roca o presión sobre el sostenimiento y realizar un predimensionamiento del tipo de excavación y sostenimiento a realizar.

Solución:

Una forma de determinar el máximo vano sin sostenimiento se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$D = 2 \cdot ESR \cdot Q^{0,4}$$

Donde

- D* Máximo tamaño de la galería en metros
- ESR* Relación de apoyo de excavación (*Excavation Support Ratio*)
- Q* Índice de Barton, que refleja la calidad del terreno

El valor *ESR* es un parámetro que varía según la vida útil de la galería. Si la vida útil es larga, puede variar entre 0,8 y 1,3; pero una vida corta supone valores entre 2 y 3,5. Se pueden obtener los datos de la tabla que sigue. Se observa que, para el caso de un túnel carretero de gran sección, *ESR* = 1,0.

CLAVE	Tipo de excavación	ESR
A	Excavaciones mineras temporales	3 – 5
B	Pozos verticales de sección circular/rectangular	2,5/2
C	Excavaciones mineras permanentes, túneles hidráulicos, galerías piloto, pozos planos, excavaciones iniciales de gran sección	1,6
D	Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles carreteros y ferroviarios de sección media	1,3
E	Cavernas hidroeléctricas, túneles de gran sección, excavaciones militares, emboquilles de túneles	1,0
F	Instalaciones nucleares, estaciones de ferrocarril e instalaciones industriales	0,8
G	Carvernas muy grandes y túneles con una vida útil muy larga (unos 100 años) o que no tengan acceso para su mantenimiento	0,5

Para calcular el índice de Barton, podemos utilizar la siguiente relación, válida cuando el macizo rocoso es de calidad buena y media:

$$RMR = 44 + 9 \cdot \ln Q$$

Donde *RMR* (*Rock Mass Rating*) clasifica la resistencia del macizo rocoso. Despejando *Q*, tenemos:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

Con los datos del problema,

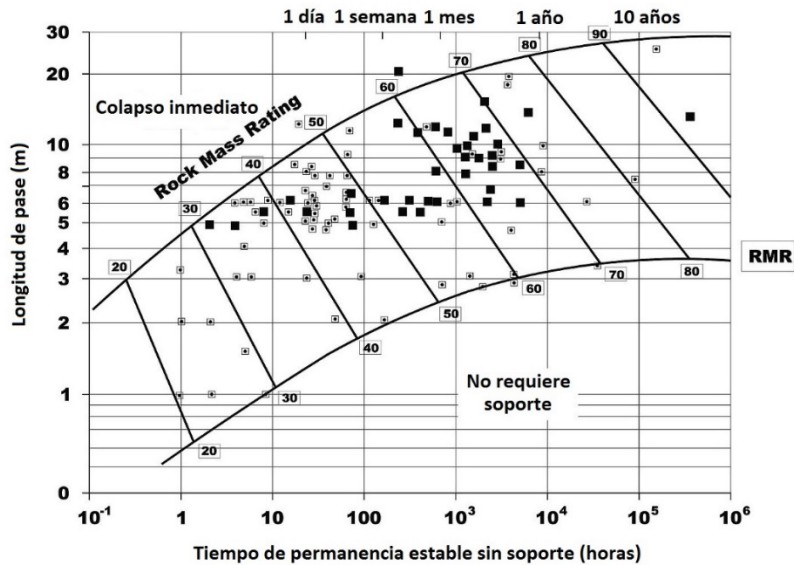
$$Q = e^{\frac{62-44}{9}} = 7,39$$

De esta forma,

$$D = 2 \cdot ESR \cdot Q^{0,4} = 2 \cdot 1,0 \cdot 7,39^{0,4} = 4,45 \text{ m}$$

Por tanto, se aconseja un avance de, como mucho, unos 3 m. Esto se debe a que es poco viable realizar avances tan elevados.

También es posible estimar la **longitud de pase** (longitud de avance sin sostenimiento) a partir de *RMR*, tal y como se puede ver en la siguiente figura (Bieniawski, 1989).



Así, para un *RMR* = 62 se obtiene una longitud de pase de unos 3 m para un tiempo de estabilidad sin soporte de unos 6 meses.

Por otra parte, la **carga de roca** o **presión** sobre el sostenimiento se puede estimar multiplicando la altura de la zona plastificada o fracturada en las cercanías de la excavación (función de *RMR* y del ancho del túnel) y el peso específico de la roca, de la siguiente forma:

$$P = \frac{100 - RMR}{100} \cdot \gamma \cdot B$$

Siendo

γ Peso específico de la roca

B Anchura del túnel

Con los datos del problema,

$$P = \frac{100 - 62}{100} \cdot 25,5 \cdot 12 = 116,3 \text{ kN/m}^2$$

Sin embargo, esta expresión empírica debe usarse con precaución, ya que puede ofrecer resultados poco representativos.

Según el índice *RMR* se podría definir un sostenimiento según la tabla siguiente (Beniaswki, 1989). Sin embargo, esta tabla no sería aplicable a nuestro túnel, pues sus dimensiones son

mayores a los 10 m. No obstante, este método es interesante para predimensionar el sostenimiento de la galería.

Como se puede ver, la excavación sería a sección completa, en avances de 1 a 1,5 m. Se debería ejecutar un bulonado local en clave, con longitudes de 1 a 3 m y separación de 2 a 2,5 m, eventualmente con mallazo. No sería necesario el uso de cerchas, pero sí un gunitado de 5 cm en clave para impermeabilización.

Sostenimientos a partir del índice *RMR*

RMR	Excavación	Bulonado	Gunitado	Cerchas
100 – 81	Sección completa. Avance de 3 m	Algún bulonado ocasional	Innecesario	No
80 – 61	Sección completa. Avances de 1 – 1,5 m	Bulonado local en clave, con longitudes de 1-3 m y separación de 2-2,5 m, eventualmente con mallazo	5 cm en clave para impermeabilización	No
60 – 41	Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.	5 a 10 cm en clave y 3 cm en hastiales	No
40 – 21	Avance y destroza. Avances de 1 a 1,5 m. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10 m de frente	Bulonado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazos	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran
≤ 20	Fases múltiples. Avances de 0,5-1 m. Gunitar inmediatamente el frente después de cada avance.	Bulonado sistemático de 5-6 m, con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo. Bulonado en solera.	15-20 cm en clave, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.

Túneles de sección en herradura, máxima anchura 10 m, máxima tensión vertical 25 MPa (Bieniawski, 1989)

Referencias:

BIENIAWSKI, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. Wiley-Interscience. pp. 40–47.

GALLO, J.; PÉREZ, H.; GARCÍA, D. (2016). *Excavación, sostenimiento y técnicas de corrección de túneles, obras subterráneas y labores mineras*. Universidad del País Vasco. Bilbao, España, 277 pp.

MARTÍ, J.V.; YEPES, V.; GONZÁLEZ, F.; ALCALÁ, J. (2012). *Técnicas de voladuras y excavación en túneles*. Apuntes de la Universitat Politècnica de València. Ref. 530, 165 pp.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).