

Diseño y Ejecución de Obras Subterráneas

Predimensionamiento de sostenimiento en base a clasificaciones geomecánicas (I)



José Ramón Berasategui Moreno
Rubén Pérez Álvarez

Departamento de Transportes y Tecnología
de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS

PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS



Se plantea el predimensionamiento del sostenimiento asociado a un tramo concreto de un túnel, estando caracterizado éste por un ancho equivalente de 14 m, y planteándose una profundidad máxima a lo largo de la traza de 30 m con respecto a la superficie. Para la determinación de los datos en base a los que realizar dicho dimensionamiento, se recurrió a los obtenidos en una estación geomecánica próxima a la zona planteada para el emboquille, siendo el punto más cercano accesible a la propia traza del túnel en el que pueden identificarse las formaciones geológicas presentes en el tramo considerado, con una disposición de estratos similar. El RQD obtenido es del 75%, identificándose una única familia de diaclasas onduladas e irregulares, cuyas paredes están mayoritariamente en contacto a lo largo de las mismas, si bien pueden observarse zonas en las que los planos de discontinuidad aparecen ligeramente alterados, con presencia de partículas arenosas. Se espera pequeñas afluencias de agua, y se plantea la posible intersección de la excavación con zonas débiles aisladas que puedan presentar arcillas.

Se pide: Clasificar el macizo en base al criterio de la Q de Barton y del RMR, considerando que se trabaja en base a su aplicación a un tramo ordinario del túnel (1 PUNTO). Determine en base a las tablas de Romana: A) Sostenimiento para un tramo ordinario (1 PUNTO). B) Recomendaciones para la excavación y sostenimiento del talud frontal en la zona de EMBOQUILLE (1 PUNTO).

$$RMR = 10,5 \cdot \ln Q + 41,8$$

2.- Índice de diaclasado		Jn
A	Roca masiva, sin diaclasas o con fisuras escasas	0,5-1,0
B	Una familia de diaclasas	2
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias	3
D	Dos familias de diaclasas	4
E	Dos familias y algunas diaclasas aleatorias	6
F	Tres familias de diaclasas	9
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias	12
H	Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrores, etc.	15
J	Roca triturada, terrosa.	20
En intersecciones de túneles se utiliza la expresión 3Jn		
En las bocas de los túneles se emplea la expresión 2 Jn		

3.- Índice de rugosidad de las discontinuidades		Jr
a) Contacto entre las dos caras de las discontinuidad		
b) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm		
A	Diaclasas discontinuas	4
B	Diaclasas onduladas, rugosas o irregulares	3
C	Diaclasas onduladas, lisas	2
D	Diaclasas onduladas, perfectamente lisas	1,5
E	Diaclasa rugosas o irregulares	1,5
F	Diaclasas planas, lisas	1
G	Diaclasas perfectamente lisas	0,5
c) No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante		
H	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad	1
J	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad	1

No se corregirán exámenes a lápiz

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS
PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS



4. Índice de alteración de las discontinuidades		fr	Ja
a) Contacto entre los planos de discontinuidad, sin minerales de relleno intermedio			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, impermeable, cuarzo	-	0,75
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas	25-35º	1
C	Planos de discontinuidades ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc	25-30º	2
D	Recubrimientos de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda)	20-25º	3
E	Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción (caolinita o mica). Clorita, talco, yeso, grafito, etc. Y pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8-16º	4
b) Contacto entre los planos de la discontinuidad entre un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (minerales de relleno en pequeños espesores)			
F	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc	25-30º	4
G	Fuertemente sobreconsolidadas, con rellenos de minerales arcillosos no blandos (continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm)	16-24º	6
H	Sobreconsolidación media a baja, con reblandecimiento, rellenos de minerales arcillosos (continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm)	12-16º	8
J	Rellenos de arcillas expansivas (montmorillonita). Continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm. El valor de Ja depende del porcentaje de partículas con tamaños similares a los de las arcillas expansivas	6-12º	8 - 12
c) No se produce contacto entre los planos de discontinuidad ante un desplazamiento cortante (rellenos de mineral de gran espesor)			
K, L, M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcillas (ver G, H y J para la descripción de las condiciones de las arcillas)	6-24º	6,8 ó 8-12
N	Zonas o bandas de arcillas limosas o arenosas, con pequeñas fracciones de arcillas no reblandecibles	-	5
O, P, R	Zonas o bandas continuas de arcilla, de espesor grueso (ver clases G, H y J, para la descripción de las condiciones de las arcillas)	6-24º	10,13 ó 13-20

5.- Presencia de agua		Presión agua (kg/cm ²)	Jw
A	Excavaciones secas o pequeñas afluencias, inferiores a 5 l/min, de forma localizada	<1	1
B	Afluencia a presión medida, con lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades	1-2,5	0,66
C	Afluencia importante o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin relleno	2,5-10	0,5
D	Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas	2,5-10	0,33
E	Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada en el momento de realizar las voladuras, decreciendo con el tiempo	>10	0,2-0,1
F	Afluencia excepcionalmente alta, o presión elevada de carácter persistente, sin disminución apreciable.	>10	0,1-0,05

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS

PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS



6.- Condiciones tensionales de la roca			SFR
a) Las zonas débiles intersectan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando.			
A	Múltiples zonas débiles, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca de contorno muy suelta (a cualquier profundidad)		10
B	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación ≤ 50 m)		5
C	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de la excavación > 50 m)		2,5
D	Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libre de arcillas), roca de contorno suelta (a cualquier profundidad)		7,5
E	Zonas de fractura aisladas en roca competente (libre de arcillas) (profundidad de la excavación ≤ 50 m)		5
F	Zonas de fractura aislada en roca competente (libre de arcillas) (profundidad de la excavación > 50 m)		2,5
G	Terreno suelto, diaclasas abiertas, fuertemente fracturado, en terrones, etc. (con independencia de la profundidad)		5
b) Rocas competentes, con problemas tensionales en las rocas			
H	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas abiertas	σ_c/σ_1 >200	σ_θ/σ_c <0,01
J	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	200-10	0,01-0,3
K, L, M	Tensiones elevadas, estructura muy compacta, Normalmente favorable para la estabilidad, pudiendo ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	10 a 5	0,3-0,4
L	Lajamiento moderado de la roca tras 1 hora en rocas masivas	5 a 3	0,5-0,65
M	Lajamiento y estallido de la roca después de algunos minutos en rocas masivas.	3 ó 2	0,65-1
N	Estallidos violentos de la roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	<2	>1
c) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente sometida a altas tensiones litostáticas			
O	Presión de deformación baja		σ_θ/σ_c 1 a 5
P	Presión de deformación alta		>5
d) Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua			
R	Presión de expansión baja		5 a 10
S	Presión de expansión alta		10 a 15

	ÍNDICE Q
Excepcionalmente malo	0,001 - 0,01
Extremadamente malo	0,01 - 0,1
Muy malo	0,1 - 1
Malo	1 - 4
Medio	4 - 10
Bueno	10 - 40
Muy bueno	40 - 100
Extremadamente bueno	100 - 400
excepcionalmente bueno	400 - 1000

RMR	Clase	Calidad
81-100	I	Muy buena
61-80	II	Buena
41-60	III	Media
21-40	IV	Mala
0-20	V	Muy mala

No se corregirán exámenes a lápiz

DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS SUBTERRÁNEAS
PREDIMENSIONAMIENTO DE SOSTENIMIENTO EN BASE A CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS



RECOMENDACIONES PARA EL SOSTENIMIENTO DE TÚNELES DE 10-14 m DE ANCHO (ROMANA, 2001)

RMR	CLASE	BULONADO			HORMIGÓN PROYECTADO			ARMADURA		CERCHAS		MÉTODOS ESPECIALES
		L(m)	b/m ²	S'(m)	e (cm)	CAPAS	SELLADO	MALLAZO	FIBRAS	TIPO	S'(m)	
100	la	-	-	-	-	-	-					
90	lb	2/3	0.10	Ocasional	2	Ocasional	No	SENCILLO OCASIONAL	FIBRAS	TH-21	No	
80	Ila	3	0.10/0.25	Ocasional	5	1	Ocasional					
70	Ilb	3	0.25/0.44	2x2/1.5x1.5	6-10	½	Sí				No	
60	Ila	¾	0.44/0.66	1.5x1.5/1x1.5	8-15	2/3	Sí	SENCILLO OCASIONAL	FIBRAS	TH-29	Ocasional	
50	IIlb	4	0.66/1	1x1.5/1x1	12-20	2/3	Sí					
40	IVa	4/4.5	0.80/1	1x1.25/1x1	16-24	3	Sí	DOBLE	FIBRAS	HERB	0.75/1	BERNOLD PARAGUAS
30	IVb	4.5/5	1	1x1	20-30	3	Sí					
20	Va	-	-	-	30-40	¾	Sí				0.5/0.75	
10												
0	Vb	SISTEMAS ESPECIALES										

RECOMENDACIONES DE EMBOQUILLE DE TÚNELES (ROMANA, 2000)

CLASIFICACIÓN		EXCAVACIÓN		TRATAMIENTO DEL TALUD FRONTAL				
RMR	CLASE	PARTICIÓN DEL EMBOQUILLE	PARAGUAS	BULONES			HORMIGÓN PROYECTADO e(cm)	RED/MALLA
				L(m)	b/m ²	s(m)		
100		SECCIÓN COMPLETA CALOTA Y DESTROZA GALERÍAS MÚLTIPLES CONTRABÓVEDA						
	la		Opcional	No	No	No	No	Opcional
	lb		Opcional	3/4	<0.10	Ocasional	No	Sí
	Ila		Ligero	3/4	0.11	3x3	No	Sí
	Ilb		Ligero o medio	3/4	0.25	2x2	Ocasional	Sí
	IIla		Medio	4	0.44	1.5x1.5	Ocasional	Sí
	IIlb		Medio	4/5	0.70	1.2x1.2	Ocasional	Sí
	IVa		Medio	5/6	1.00	1x1	0.10-0.15	No
	IVb		Pesado	6	1.50	0.8x0.8	0.15-0.20	Mallazo opcional
	Va		Pesado	No	No	No	0.20-0.25	Mallazo simple
10								
0	Vb	Pesado	No	No	No	0.25-0.30	Mallazo simple o doble	

No se corregirán exámenes a lápiz