

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

TOPOGRAFÍA

Tipo de terreno	IIIb	
Longitud máxima recomendada del barreno a partir del tipo de terreno	1,00	m
Definir longitud del barreno	1,00	m
Longitud del tramo	125,0	m
Sección del túnel	88,0	m ²
Diámetro túnel	10,6	m
Perímetro túnel	16,7	m
Topografía. Rendimiento propuesto	1,0	min/m ²
Tiempo por ciclo en replanteo de puntos de perforación	88,0	min
N° Desplazamientos cuadrilla topográfica	125,0	
Tiempo total	11000,0	min
Tiempo total	183,3	h

TOPOGRAFÍA

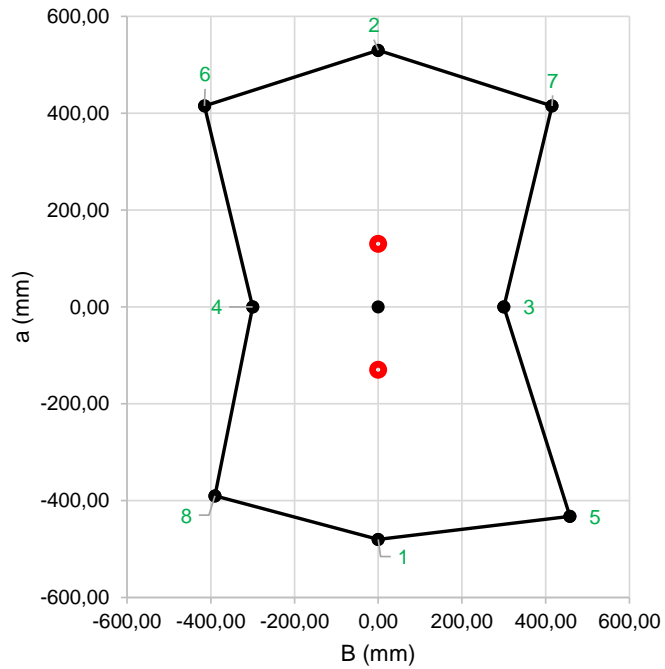
Tipo de terreno	IV	
Longitud máxima recomendada del barreno a partir del tipo de terreno	1,00	m
Definir longitud del barreno	1,00	m
Longitud del tramo	175,0	m
Sección del túnel	88,0	m ²
Diámetro túnel	10,6	m
Perímetro túnel	16,7	m
Topografía. Rendimiento propuesto	1,0	min/m ²
Tiempo por ciclo en replanteo de puntos de perforación	88,0	min
N° Desplazamientos cuadrilla topográfica	175,0	
Tiempo total	15400,0	min
Tiempo total	256,7	h

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	
BARRENOS DE CUELE TIPO DE TERRENO IIIb		
Volabilidad Roca	Mala	
θ Barreno carga (mm)	25	
L bareno de carga (m)	1,0	
θ Barreno expansión (mm)	76	
Cálculo del cuele		
1. Área y numero de barrenos		
Área necesaria	51	mm ²
N° Barrenos expansión	0,67	
Definir N° de barrenos expansión	1	
2. Distancia entre barreno cargado y los barrenos de expansión		
Distancia mínima 1,75D ₂ a ₁ y a ₂	133	mm
Definir distancia mínima	130 mm	
Control expansión		
Área a volar	62	mm ²
Área necesaria (% de expansión)	99,6	123 mm ²
Área disponible	4844	mm ²
3. Distancia entre la abertura y siguientes barrenos cargados		
Aplicando mismo criterio		
# Barrenos expansión	0,34	
Definir N° de barrenos expansión	1	
Distancia mínima 1,75D ₂	133	mm
Definir distancia mínima	130 mm	
Control de expansión		
Área a volar (% de expansión)	99,6	62 mm ²
Área necesaria	2821	mm ²

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia		Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	
4. Ajuste de a_3 y a_4, reduciendo margen de seguridad			
Control de expansión para a_3		400	mm
Área a volar (mm^2)		17686	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	35301	mm^2
Área disponible		27010	mm^2
Control de expansión para a_4		350	mm
Área a volar (mm^2)		15161	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	30261	mm^2
Área disponible		24485	mm^2
5. Piedra B_1, en función del ancho base			
Ancho base A_1		0,34	m
Ancho de base B_1 (Ilustración 3 – 68)		0,25	m
Control de expansión		64778	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	129294	mm^2
Área disponible		69622	mm^2
6. Reducción de la piedra B_1			
Reducción de B_1		300	mm
Área a volar		47978	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	95762	mm^2
Área disponible		52822	mm^2
7. Piedra B_2 en función del ancho base			
	A_2	1035	mm
	B_2 (Ilustración 3 – 68)	0,60	m
Área a volar		283073	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	564999	mm^2
Área disponible		394357	mm^2

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia		Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	
8. Reducción de piedra B₂		0,3	m
Área a volar		129116	mm ²
Área necesaria (% de expansión)	99,6	257710	mm ²
Área disponible		240401	mm ²
9. Piedra B₃ en función del ancho base			
	A ₃	566	mm
	B ₃ (Ilustración 3 – 68)	0,36	m
10. Piedra B4, B5 y B6 en función del ancho base			
	A ₄	609	mm
	A ₅	609	mm
	A ₆	566	mm
	B ₄	305	mm
	B ₅	305	mm
	B ₆	283	mm
<p>PUNTOS PARA CUELE</p> <p> Barreno cargado Barreno de expansión # Secuencia de explosión </p>			

GEOMETRÍA DEL CUELE



Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	
BARRENOS DE CUELE TIPO DE TERRENO IV		
Volabilidad Roca θ Barreno carga (mm) L bareno de carga (m) θ Barreno expansión (mm) Cálculo del cuele	Mala 25 1,0 76	
1. Área y numero de barrenos		
Área necesaria N° Barrenos expansión Definir N° de barrenos expansión	51 mm ² 0,67 1	
2. Distancia entre barreno cargado y los barrenos de expansión		
Distancia mínima 1,75D ₂ a ₁ y a ₂ Definir distancia mínima Control expansión Área a volar Área necesaria (% de expansión) Área disponible	133 mm 130 mm 62 mm ² 99,6 123 mm ² 4844 mm ²	
3. Distancia entre la abertura y siguientes barrenos cargados		
Aplicando mismo criterio # Barrenos expansión Definir N° de barrenos expansión Distancia mínima 1,75D ₂ Definir distancia mínima Control de expansión Área a volar (% de expansión) Área necesaria	0,34 1 133 mm 130 mm 62 mm ² 99,6 123 mm ² 2821 mm ²	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia		Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	
4. Ajuste de a_3 y a_4, reduciendo margen de seguridad			
Control de expansión para a_3		400	mm
Área a volar (mm^2)		17686	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	35301	mm^2
Área disponible		27010	mm^2
Control de expansión para a_4		350	mm
Área a volar (mm^2)		15161	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	30261	mm^2
Área disponible		24485	mm^2
5. Piedra B_1, en función del ancho base			
Ancho base A_1		0,34	m
Ancho de base B_1 (Ilustración 3 – 68)		0,25	m
Control de expansión		64778	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	129294	mm^2
Área disponible		69622	mm^2
6. Reducción de la piedra B_1			
Reducción de B_1		300	mm
Área a volar		47978	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	95762	mm^2
Área disponible		52822	mm^2
7. Piedra B_2 en función del ancho base			
	A_2	1035	mm
	B_2 (Ilustración 3 – 68)	0,60	m
Área a volar		283073	mm^2
Área necesaria (% de expansión)	99,6	564999	mm^2
Área disponible		394357	mm^2

8. Reducción de piedra B₂ 0,3 m

Área a volar		129116	mm ²
Área necesaria (% de expansión)	99,6	257710	mm ²
Área disponible		240401	mm ²

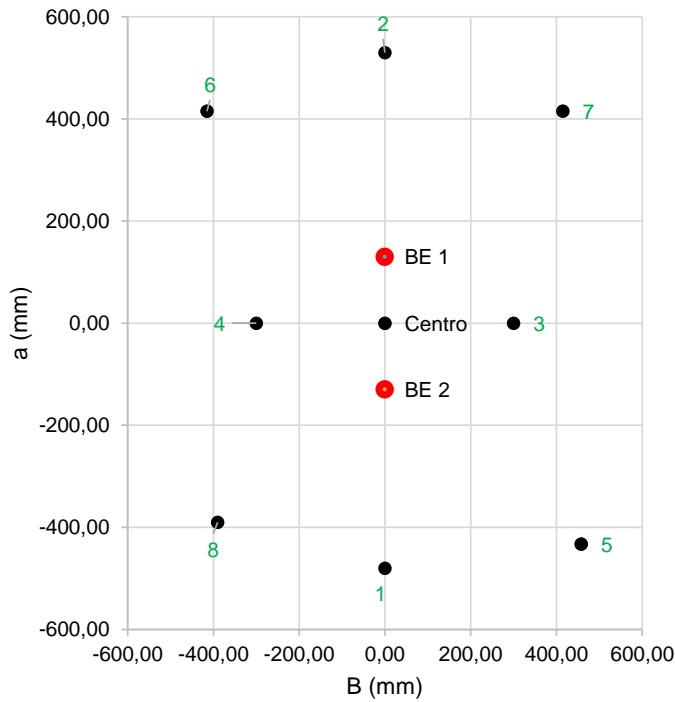
9. Piedra B₃ en función del ancho base

A ₃	566	mm
B ₃ (Ilustración 3 – 68)	0,36	m

10. Piedra B₄, B₅ y B₆ en función del ancho base

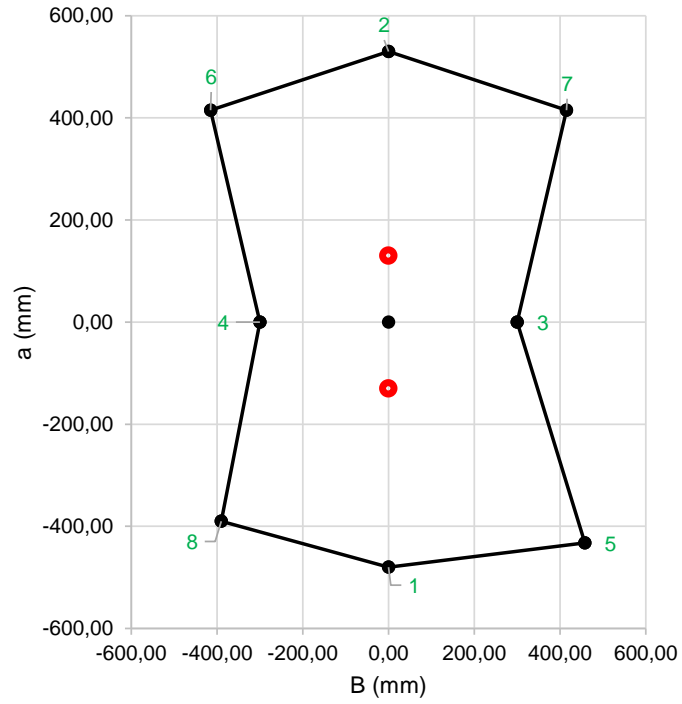
A ₄	609	mm
A ₅	609	mm
A ₆	566	mm
B ₄	305	mm
B ₅	305	mm
B ₆	283	mm

PUNTOS PARA CUELE



- Barreno cargado
- Barreno de expansión
- # Secuencia de explosión

GEOMETRÍA DEL CUELE



Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia		Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.		Elaborado por: Ing. Diego Triana	
BARRENOS DE CONTORNO TERRENO TIPO				IIIb	
L_{barreno}	1,00	m			
Forma del explosivo	Encartuchado				
Q_c	2	Kg			
ρ	1,5	g/cm^3			
D_{barreno}	0,076	m	76	mm	
L_{cartucho}	0,6	m			
R_c	0,2				
S_c	0,87	m			
1. Presión del barreno					
Explosivo	Gel				
ρ	1,5	g/cm^3			
VD	Digitar VD	m/s	160	m/s	
PB	3,98	MPa			
2. Presión del barreno crítico					
Tipo de carga	Continua				
d	26	mm			
D	0,076	m			
C	1	0,85			
PB_{cr}	17,12	MPa			
3. Precorte. Espaciamiento entre barrenos					
σ_s roca	75	MPa			
PB_e	17,12	MPa			
r_b	0,038	m			
r	0,017	m			
σ_t	85,52	MPa			
S	0,093	m			
F_R	1,301	MPa			
L_{precorte}	33,30	m			
N	357				
4. Recorte. Espaciamiento entre barrenos					
CE	0,75	Oscila entre 0,5 y 1,0 Kg/cm^3			
Q_l	0,52	Kg/m			
B	0,87	m			
S	0,69	m			
L_{recorte}	33,30	m			
N	48				

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia		Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.		Elaborado por: Ing. Diego Triana	
BARRENOS DE CONTORNO TERRENO TIPO IV					
L_{barreno}	1,00	m			
Forma del explosivo	Encartuchado				
Q_c	2	Kg			
ρ	1,5	g/cm^3			
D_{barreno}	0,076	m	76	mm	
L_{cartucho}	0,6	m			
R_c	0,2				
S_c	0,87	m			
1. Presión del barreno					
Explosivo	Gel				
ρ	1,5	g/cm^3			
VD	Digitar VD	m/s	160	m/s	
PB	3,98	MPa			
2. Presión del barreno crítico					
Tipo de carga	Continua				
d	26	mm			
D	0,076	m			
C	1	0,85			
PB_{cr}	17,12	MPa			
3. Precorte. Espaciamiento entre barrenos					
σ_s roca	75	MPa			
PB_e	17,12	MPa			
r_b	0,038	m			
r	0,017	m			
σ_t	85,52	MPa			
S	0,093	m			
F_R	1,301	MPa			
L_{precorte}	33,30	m			
N	357				
4. Recorte. Espaciamiento entre barrenos					
CE	0,75	Oscila entre 0,5 y 1,0 Kg/cm^3			
Q_l	0,52	Kg/m			
B	0,87	m			
S	0,69	m			
L_{recorte}	33,30	m			
N	48				

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana												
BARRENOS DE DESTROZA TERRENO TIPO IIIb														
Datos de entrada Longitud barreno 1,00 m														
1. Barrenos de piso o zapateras														
Diámetro barreno 38,00 mm Tipo de explosivo EMULITE 150 en cartuchos de papel. Densidad de carga 1,20 Kg/litro														
Carga de fondo Carga lineal Q_f 1,35 Kg/m Longitud carga de fondo H_f 0,33 m Carga de fondo Q_f 0,45 Kg														
Carga de columna $q_c = q_f$ 1,35 $B =$ 1,00 m $H_a =$ 0,20 m $H_c =$ 0,47 m $Q_c = Q_f$ 0,63 Kg Carga total Q 1,08 Kg Resumen <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20px;"></td> <td style="width: 20px;">B</td> <td style="width: 20px;">1,00</td> <td style="width: 20px;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S</td> <td>1,10</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Q</td> <td>1,08</td> <td>Kg</td> </tr> </table>				B	1,00	m		S	1,10	m		Q	1,08	Kg
	B	1,00	m											
	S	1,10	m											
	Q	1,08	Kg											
2. Barrenos hastiales														
Diámetro barreno 30,00 mm Tipo de explosivo DYMANEX M en cartuchos de papel. Densidad de carga 1,25 Kg/litro														
Carga de fondo Carga lineal Q_f 0,88 Kg/m Longitud carga de fondo H_f 0,17 m Carga de fondo Q_f 0,15 Kg														
Carga de columna $q_c = q_f$ 0,35 Kg/m $B =$ 0,70 m $H_a =$ 0,35 m $H_c =$ 0,48 m $Q_c = Q_f$ 0,17 Kg														

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
Carga total Q Resumen	0,32 Kg B 0,70 m S 0,77 m Q 0,32 Kg	
3. Barrenos de techo		
Diámetro barreno Tipo de explosivo	32,00 mm EMULITE 150 en tubos de plástico	
Carga de fondo Carga lineal Q_f Longitud carga de fondo H_f Carga de fondo Q_f	0,96 Kg/m 0,17 m 0,16 Kg	
Carga de columna $q_c = q_f$ $B =$ $H_a =$ $H_c =$ $Q_c = Q_f$ Carga total Q Resumen	0,29 Kg/m 0,70 m 0,35 m 0,48 m 0,14 Kg 0,30 Kg B 0,70 m S 0,77 m Q 0,30 Kg	
4. Destroza hacia arriba y horizontal		
Diámetro barreno Tipo de explosivo	29,00 mm EMULITE 150 en tubos de plástico	
Carga de fondo Carga lineal Q_f Longitud carga de fondo H_f Carga de fondo Q_f	0,80 Kg/m 0,33 m 0,27 Kg	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
<p>Carga de columna</p> <p>$q_c = q_f$ 0,40 Kg/m</p> <p>B= 0,70 m</p> <p>$H_a =$ 0,35 m</p> <p>$H_c =$ 0,32 m</p> <p>$Q_c = Q_f$ 0,13 Kg</p> <p>Carga total Q 0,39 Kg</p> <p>Resumen</p> <p style="padding-left: 150px;">B 0,70 m</p> <p style="padding-left: 150px;">S 0,77 m</p> <p style="padding-left: 150px;">Q 0,39 Kg</p>		
5. Destroza hacia arriba y horizontal		
<p>Diámetro barreno 41,00 mm</p> <p>Tipo de explosivo ANFO, cargado automáticamente</p> <p>Carga de fondo</p> <p>Carga lineal Q_f 1,03 Kg/m</p> <p>Longitud carga de fondo H_f 0,33 m</p> <p>Carga de fondo Q_f 0,34 Kg</p>		
<p>Carga de columna</p> <p>$q_c = q_f$ 0,52 Kg/m</p> <p>B= 0,80 m</p> <p>$H_a =$ 0,40 m</p> <p>$H_c =$ 0,27 m</p> <p>$Q_c = Q_f$ 0,14 Kg</p>		
<p>Carga total Q 0,48 Kg</p> <p>Resumen</p> <p style="padding-left: 150px;">B 0,80 m</p> <p style="padding-left: 150px;">S 0,88 m</p> <p style="padding-left: 150px;">Q 0,48 Kg</p>		

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

6. Número de barrenos

Consumo específico de explosivo		
RC	150,00	Kg/cm ²
D _{barreno}	41,00	mm
f	15,00	
α	1,65	Valor que varía entre 1,5 a 1,8
S	88,00	m ²
CE	0,96	Kg/m ³ Langefors-Kihistrom, Limitación 4≤S≤100 m ²
CE	0,74	Kg/m ³ Protodyakonov
CE	1,06	Kg/m ³ Ucar
CE _i	1,25	
k	1,7	Coeficiente que varía entre 1,4 a 2,0
v	0,69	
e	1,00	Factor que varía entre 0,8 a 1,2
CE	2,01	Kg/m ³

Pokrovsky

Consumo específico promedio de explosivo		
CE ₀	7,5	Kg/m ³ Varía entre 7 a 8 Kg/m ³
S ₀	1,5	m ² Varía entre 1 a 2 m ²
Q ₀	0,11	Kg
CE ₁	1,15	Kg/m ³ Varía entre 0,8 a 1,5 Kg/m ³
S ₁	86,50	m ²
Q ₁	0,95	Kg
CE	1,26	Kg/m ³
Q _T	1,05	Kg

Número de barrenos		
L _p	1,00	m
η	95%	Varía entre 90 y 95 %
k	1,08	Varía entre 1,05 a 1,1
ρ _e	1,5	g/cm ³
d _{explosivo}	25	mm
q _l	0,78	Kg/m
L _c	0,59	m
N	174	Langefors-Kihistrom, Limitación 4≤S≤100 m ²
N	133	Protodyakonov
N	193	Ucar
N	365	Pokrovsky

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana												
BARRENOS DE DESTROZA TERRENO TIPO IV														
Datos de entrada Longitud barreno 1,00 m														
1. Barrenos de piso o zapateras														
Diámetro barreno 38,00 mm Tipo de explosivo EMULITE 150 en cartuchos de papel. Densidad de carga 1,20 Kg/litro														
Carga de fondo Carga lineal Q_f 1,35 Kg/m Longitud carga de fondo H_f 0,33 m Carga de fondo Q_f 0,45 Kg														
Carga de columna $q_c = q_f$ 1,35 $B =$ 1,00 m $H_a =$ 0,20 m $H_c =$ 0,47 m $Q_c = Q_f$ 0,63 Kg Carga total Q 1,08 Kg Resumen <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">B</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">1,00</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">S</td> <td style="text-align: center;">1,10</td> <td style="text-align: center;">m</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Q</td> <td style="text-align: center;">1,08</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> </tr> </table>				B	1,00	m		S	1,10	m		Q	1,08	Kg
	B	1,00	m											
	S	1,10	m											
	Q	1,08	Kg											
2. Barrenos hastiales														
Diámetro barreno 30,00 mm Tipo de explosivo DYMANEX M en cartuchos de papel. Densidad de carga 1,25 Kg/litro														
Carga de fondo Carga lineal Q_f 0,88 Kg/m Longitud carga de fondo H_f 0,17 m Carga de fondo Q_f 0,15 Kg														
Carga de columna $q_c = q_f$ 0,35 Kg/m $B =$ 0,70 m $H_a =$ 0,35 m $H_c =$ 0,48 m $Q_c = Q_f$ 0,17 Kg														

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
Carga total Q Resumen	0,32 Kg B 0,70 m S 0,77 m Q 0,32 Kg	
3. Barrenos de techo		
Diámetro barreno Tipo de explosivo	32,00 mm EMULITE 150 en tubos de plástico	
Carga de fondo Carga lineal Q_f Longitud carga de fondo H_f Carga de fondo Q_f	0,96 Kg/m 0,17 m 0,16 Kg	
Carga de columna $q_c = q_f$ $B =$ $H_a =$ $H_c =$ $Q_c = Q_f$ Carga total Q Resumen	0,29 Kg/m 0,70 m 0,35 m 0,48 m 0,14 Kg 0,30 Kg B 0,70 m S 0,77 m Q 0,30 Kg	
4. Destroza hacia arriba y horizontal		
Diámetro barreno Tipo de explosivo	29,00 mm EMULITE 150 en tubos de plástico	
Carga de fondo Carga lineal Q_f Longitud carga de fondo H_f Carga de fondo Q_f	0,80 Kg/m 0,33 m 0,27 Kg	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
<p>Carga de columna</p> <p>$q_c = q_f$ 0,40 Kg/m</p> <p>B= 0,70 m</p> <p>$H_a =$ 0,35 m</p> <p>$H_c =$ 0,32 m</p> <p>$Q_c = Q_f$ 0,13 Kg</p> <p>Carga total Q 0,39 Kg</p> <p>Resumen</p> <p style="padding-left: 150px;">B 0,70 m</p> <p style="padding-left: 150px;">S 0,77 m</p> <p style="padding-left: 150px;">Q 0,39 Kg</p>		
5. Destroza hacia arriba y horizontal		
<p>Diámetro barreno 41,00 mm</p> <p>Tipo de explosivo ANFO, cargado automáticamente</p> <p>Carga de fondo</p> <p>Carga lineal Q_f 1,03 Kg/m</p> <p>Longitud carga de fondo H_f 0,33 m</p> <p>Carga de fondo Q_f 0,34 Kg</p>		
<p>Carga de columna</p> <p>$q_c = q_f$ 0,52 Kg/m</p> <p>B= 0,80 m</p> <p>$H_a =$ 0,40 m</p> <p>$H_c =$ 0,27 m</p> <p>$Q_c = Q_f$ 0,14 Kg</p>		
<p>Carga total Q 0,48 Kg</p> <p>Resumen</p> <p style="padding-left: 150px;">B 0,80 m</p> <p style="padding-left: 150px;">S 0,88 m</p> <p style="padding-left: 150px;">Q 0,48 Kg</p>		

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

6. Número de barrenos

Consumo específico de explosivo		
RC	150,00	Kg/cm ²
D _{barreno}	41,00	mm
f	15,00	
α	1,65	Valor que varía entre 1,5 a 1,8
S	88,00	m ²
CE	0,96	Kg/m ³ Langefors-Kihistrom, Limitación 4≤S≤100 m ²
CE	0,74	Kg/m ³ Protodyakonov
CE	1,06	Kg/m ³ Ucar
CE _i	1,25	
k	1,7	Coefficiente que varía entre 1,4 a 2,0
v	0,69	
e	1,00	Factor que varía entre 0,8 a 1,2
CE	2,01	Kg/m ³

Pokrovsky

Consumo específico promedio de explosivo		
CE ₀	7,5	Kg/m ³ Varía entre 7 a 8 Kg/m ³
S ₀	1,5	m ² Varía entre 1 a 2 m ²
Q ₀	0,11	Kg
CE ₁	1,15	Kg/m ³ Varía entre 0,8 a 1,5 Kg/m ³
S ₁	86,50	m ²
Q ₁	0,95	Kg
CE	1,26	Kg/m ³
Q _T	1,05	Kg

Número de barrenos		
L _p	1,00	m
η	95%	Varia entre 90 y 95 %
k	1,08	Varía entre 1,05 a 1,1
ρ _e	1,5	g/cm ³
d _{explosivo}	25	mm
q _l	0,78	Kg/m
L _c	0,59	m
N	174	Langefors-Kihistrom, Limitación 4≤S≤100 m ²
N	133	Protodyakonov
N	193	Ucar
N	365	Pokrovsky

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																														
PERFORACIÓN O BARRENADO TERRENO TIPO		IIIb																														
Velocidad de penetración VP <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">POT</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">18</div> <div style="text-align: center;">KW</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">D_{barreno}</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">51</div> <div style="text-align: center;">mm</div> </div>																																
1. Formulación empírica																																
VP 2,27 m/mim																																
2. Índice de perforabilidad DRI																																
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">S₂₀</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">37</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">S_J</div> <div style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">60</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">DRI</div> <div style="padding: 0 10px;">43</div> </div>																																
3. Método de perforación																																
<div style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">Martillo en cabeza hidráulico</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">VP</div> <div style="padding: 0 10px;">0,97</div> <div style="text-align: center;">m/min</div> </div>																																
4. Tipo de martillo																																
<div style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">HL710 89 mm</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">VP</div> <div style="padding: 0 10px;">0,95</div> <div style="text-align: center;">m/min</div> </div>																																
5. Trabajo de destrucción																																
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">W_z</div> <div style="padding: 0 10px;">180</div> <div style="text-align: center;">KJ/m³</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">Velocidad de penetración</div> <div style="padding: 0 10px;">2,37</div> <div style="text-align: center;">m/min</div> </div>																																
6. Espaciamiento de las discontinuidades																																
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">Espaciamiento</div> <div style="padding: 0 10px;">6,3</div> <div style="text-align: center;">cm</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">Velocidad de penetración</div> <div style="padding: 0 10px;">2,93</div> <div style="text-align: center;">m/min</div> </div>																																
7. Tiempo por ciclo																																
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%; text-align: center;">Cuele</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">Contorno</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">Destroza</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: right;">N_{total}</td> <td style="background-color: #cccccc; text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">48</td> <td style="text-align: center;">216</td> <td style="text-align: center;">272</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">ml</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">48</td> <td style="text-align: center;">216</td> <td style="text-align: center;">272</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">VP promedio</td> <td style="padding: 0 10px;">1,90</td> <td style="text-align: center;">m/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Tiempo</td> <td style="padding: 0 10px;">143</td> <td style="text-align: center;">min</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Tiempo</td> <td style="padding: 0 10px;">2,39</td> <td style="text-align: center;">h</td> </tr> </tbody> </table>				Cuele	Contorno	Destroza	Total	N _{total}	8	48	216	272	ml	8	48	216	272			VP promedio	1,90	m/min			Tiempo	143	min			Tiempo	2,39	h
	Cuele	Contorno	Destroza	Total																												
N _{total}	8	48	216	272																												
ml	8	48	216	272																												
		VP promedio	1,90	m/min																												
		Tiempo	143	min																												
		Tiempo	2,39	h																												

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana		
PERFORACIÓN O BARRENADO TERRENO TIPO IV				
Velocidad de penetración VP				
POT D _{barreno}	18 51	KW mm		
1. Formulación empírica				
VP	2,27	m/mim		
2. Índice de perforabilidad DRI				
S ₂₀ S _J DRI	60 120 74			
3. Método de perforación				
Martillo en cabeza hidráulico				
VP	1,52	m/min		
4. Tipo de martillo				
HL710 89 mm				
VP	1,55	m/min		
5. Trabajo de destrucción				
W _z Velocidad de penetración	180 2,37	KJ/m ³ m/min		
6. Espaciamiento de las discontinuidades				
Espaciamiento Velocidad de penetración	6,3 2,93	cm m/min		
7. Tiempo por ciclo				
N _{total} ml	Cuele 8 8	Contorno 48 48	Destroza 216 216	Total 272 272
	VP promedio	2,13	m/min	
	Tiempo	128	min	
	Tiempo	2,13	h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
CARGUE DE EXPLOSIVOS		
Rendimiento propuesto Tiempo Tiempo	ml 2141 6,0 357 5,95	m/min min h
VENTILACIÓN		
Sección túnel (s)	88	m ²
Ventilación soplante		
Purga del frente		
ϵ d Q t_s t_s Nº explosiones Tiempo total	0,35 5 0,5 924 0,26 842 216,1	m m ³ /s s h h h
Desplazamiento del tapón de humos por el túnel		
L_0 Q c t t T Nº explosiones Tiempo total	50 1,5 0,5 2933 0,81 1467 842 686,1	m m ³ /s milésimas s h T<2000 CUMPLE h
Ventilación aspirante		
d L_0 Q δ t_2 t_2 Nº explosiones Tiempo total	5 50 2 1,5 2970 0,83 842 694,7	m m m ³ /s <3 s h h

<p>Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia</p>	<p>Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.</p>	<p>Elaborado por: Ing. Diego Triana</p>
<p>Ventilación por aspiración e impulsión sucesiva</p>		
<p>d 5 m L_0 50 m Q 2 m³/s δ 1,5 <3 t_2 2970 s t_2 0,83 h t_{total} 0,85 h Nº explosiones 842 Tiempo total 713,0 h</p>	<p>L 50 m D 1 m Q 0,5 m³/s t_3 78,54 s t_3 0,02 h</p>	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																				
RETIRO DE REZAGA TERRENO TIPO IIIb																																						
1. Volumen de material volado																																						
	<table> <tr><td>L_{barreno}</td><td>1,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Sección del túnel</td><td>88,0</td><td>m²</td></tr> <tr><td>$\rho_{\text{in-situ}}$</td><td>2,40</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>ρ_{suelto}</td><td>1,80</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>V</td><td>0,75</td><td></td></tr> <tr><td>Volumen_{in-situ}</td><td>211,20</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Tipo de material</td><td colspan="2">Tierra comun y marga mojada</td></tr> <tr><td>PE</td><td>25</td><td>%</td></tr> <tr><td>Definir PE</td><td>33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Volumen_{suelto}</td><td>280,90</td><td>m³</td></tr> </table>	L_{barreno}	1,0	m	Sección del túnel	88,0	m ²	$\rho_{\text{in-situ}}$	2,40	Ton/m ³	ρ_{suelto}	1,80	Ton/m ³	V	0,75		Volumen _{in-situ}	211,20	m ³	Tipo de material	Tierra comun y marga mojada		PE	25	%	Definir PE	33	%	Volumen _{suelto}	280,90	m ³							
L_{barreno}	1,0	m																																				
Sección del túnel	88,0	m ²																																				
$\rho_{\text{in-situ}}$	2,40	Ton/m ³																																				
ρ_{suelto}	1,80	Ton/m ³																																				
V	0,75																																					
Volumen _{in-situ}	211,20	m ³																																				
Tipo de material	Tierra comun y marga mojada																																					
PE	25	%																																				
Definir PE	33	%																																				
Volumen _{suelto}	280,90	m ³																																				
2. Equipo de transporte																																						
Transporte sobre vía (Tren y vagones)																																						
	<table> <tr><td>Capacidad</td><td>5,5</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Capacidad</td><td>9900,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Peso del equipo cargado</td><td>36388,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Tipo de pista</td><td colspan="2">Pista de tierra con rodadas, blanda</td></tr> <tr><td>% de inclinación de la pista</td><td>6,0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Esfuerzo por inclinación de la pista</td><td>2183,3</td><td></td></tr> <tr><td>Resistencia a la rodadura</td><td>7,5</td><td></td></tr> <tr><td>Definir resistencia a la rodadura</td><td>2,0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de rodadura</td><td>727,8</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Esfuerzo a tracción del equipo</td><td>13000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Esfuerzo a tracción disponible</td><td>10089,0</td><td>Kg</td></tr> </table>	Capacidad	5,5	m ³	Capacidad	9900,0	Kg	Peso del equipo cargado	36388,0	Kg	Tipo de pista	Pista de tierra con rodadas, blanda		% de inclinación de la pista	6,0	%	Esfuerzo por inclinación de la pista	2183,3		Resistencia a la rodadura	7,5		Definir resistencia a la rodadura	2,0	%	Esfuerzo de rodadura	727,8	Kg	Esfuerzo a tracción del equipo	13000,0	Kg	Esfuerzo a tracción disponible	10089,0	Kg				
Capacidad	5,5	m ³																																				
Capacidad	9900,0	Kg																																				
Peso del equipo cargado	36388,0	Kg																																				
Tipo de pista	Pista de tierra con rodadas, blanda																																					
% de inclinación de la pista	6,0	%																																				
Esfuerzo por inclinación de la pista	2183,3																																					
Resistencia a la rodadura	7,5																																					
Definir resistencia a la rodadura	2,0	%																																				
Esfuerzo de rodadura	727,8	Kg																																				
Esfuerzo a tracción del equipo	13000,0	Kg																																				
Esfuerzo a tracción disponible	10089,0	Kg																																				
	<table> <tr><td>Tipo de rodamiento</td><td colspan="2">Neumaticos</td></tr> <tr><td>Peso sobre el eje motriz</td><td>30000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Tipo de material de la pista</td><td colspan="2">Suelo de cantera sin fragmentar</td></tr> <tr><td>Coefficiente de tracción</td><td>0,75</td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine</td><td>22500,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>> 13000,0</td></tr> <tr><td>Rendimientos de los motores por altitud</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tipo de motor</td><td colspan="2">Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural</td></tr> <tr><td>Potencia</td><td>350,0</td><td>KW</td></tr> <tr><td>msnm proyecto</td><td>2100,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Perdida de rendimiento</td><td>0,12</td><td></td></tr> <tr><td>Potencia efectiva</td><td>308,0</td><td>KW</td></tr> </table>	Tipo de rodamiento	Neumaticos		Peso sobre el eje motriz	30000,0	Kg	Tipo de material de la pista	Suelo de cantera sin fragmentar		Coefficiente de tracción	0,75		Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine	22500,0	Kg			> 13000,0	Rendimientos de los motores por altitud			Tipo de motor	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural		Potencia	350,0	KW	msnm proyecto	2100,0	m	Perdida de rendimiento	0,12		Potencia efectiva	308,0	KW	
Tipo de rodamiento	Neumaticos																																					
Peso sobre el eje motriz	30000,0	Kg																																				
Tipo de material de la pista	Suelo de cantera sin fragmentar																																					
Coefficiente de tracción	0,75																																					
Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine	22500,0	Kg																																				
		> 13000,0																																				
Rendimientos de los motores por altitud																																						
Tipo de motor	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural																																					
Potencia	350,0	KW																																				
msnm proyecto	2100,0	m																																				
Perdida de rendimiento	0,12																																					
Potencia efectiva	308,0	KW																																				

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																																			
3. Equipo de carga																																																					
<table> <tr> <td colspan="3" data-bbox="597 338 1149 365">Cargadora de volteo posterior</td> </tr> <tr> <td data-bbox="727 373 889 401">Capacidad (C_c)</td> <td data-bbox="927 373 980 401">2,70</td> <td data-bbox="1019 373 1052 401">m³</td> </tr> <tr> <td data-bbox="602 407 889 434">Estado del material a cargar</td> <td colspan="2" data-bbox="889 407 1149 434">Excavabilidad media</td> </tr> <tr> <td data-bbox="667 441 889 468">Factor de eficiencia E</td> <td colspan="2" data-bbox="906 441 1003 468">0.80-0.95</td> </tr> <tr> <td data-bbox="602 474 889 501">Definir factor de eficiencia E</td> <td colspan="2" data-bbox="927 474 980 501">0,83</td> </tr> <tr> <td data-bbox="850 508 889 535">TA</td> <td data-bbox="927 508 980 535">10,0</td> <td data-bbox="1019 508 1052 535">cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="862 541 889 569">C</td> <td data-bbox="927 541 980 569">50,0</td> <td data-bbox="1019 541 1052 569">cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="721 575 889 602">Tamaño relativo</td> <td colspan="2" data-bbox="927 575 980 602">1/5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="646 609 889 636">Descripción de material</td> <td colspan="2" data-bbox="889 609 1279 636">Muy bien volada, suelos</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 642 889 669">Factor de llenado</td> <td colspan="2" data-bbox="922 642 997 669">0.8-1.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="646 676 889 703">Definir factor de llenado</td> <td colspan="2" data-bbox="927 676 980 703">0,90</td> </tr> <tr> <td data-bbox="651 709 889 737">Nivel de excavabilidad</td> <td colspan="2" data-bbox="889 709 1149 737">Excavabilidad mala</td> </tr> <tr> <td data-bbox="850 743 889 770">T_c</td> <td data-bbox="927 743 980 770">0,60</td> <td data-bbox="1019 743 1052 770">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="727 777 889 804">% altura optima</td> <td colspan="2" data-bbox="927 777 980 804">100</td> </tr> <tr> <td data-bbox="656 810 889 837">Factor de corrección H</td> <td data-bbox="927 810 980 837">1,00</td> <td data-bbox="1019 810 1052 837">%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="737 844 889 871">Ángulo de giro</td> <td data-bbox="927 844 980 871">120</td> <td data-bbox="1019 844 1052 871">°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="721 877 889 905">Factor de giro A</td> <td colspan="2" data-bbox="927 877 980 905">0,91</td> </tr> </table>			Cargadora de volteo posterior			Capacidad (C _c)	2,70	m ³	Estado del material a cargar	Excavabilidad media		Factor de eficiencia E	0.80-0.95		Definir factor de eficiencia E	0,83		TA	10,0	cm	C	50,0	cm	Tamaño relativo	1/5		Descripción de material	Muy bien volada, suelos		Factor de llenado	0.8-1.0		Definir factor de llenado	0,90		Nivel de excavabilidad	Excavabilidad mala		T _c	0,60	min	% altura optima	100		Factor de corrección H	1,00	%	Ángulo de giro	120	°	Factor de giro A	0,91	
Cargadora de volteo posterior																																																					
Capacidad (C _c)	2,70	m ³																																																			
Estado del material a cargar	Excavabilidad media																																																				
Factor de eficiencia E	0.80-0.95																																																				
Definir factor de eficiencia E	0,83																																																				
TA	10,0	cm																																																			
C	50,0	cm																																																			
Tamaño relativo	1/5																																																				
Descripción de material	Muy bien volada, suelos																																																				
Factor de llenado	0.8-1.0																																																				
Definir factor de llenado	0,90																																																				
Nivel de excavabilidad	Excavabilidad mala																																																				
T _c	0,60	min																																																			
% altura optima	100																																																				
Factor de corrección H	1,00	%																																																			
Ángulo de giro	120	°																																																			
Factor de giro A	0,91																																																				
4. Producción máxima equipo de carga																																																					
<table> <tr> <td data-bbox="834 989 889 1016">P_{max}</td> <td data-bbox="915 989 992 1016">183,54</td> <td data-bbox="1019 989 1068 1016">m³/h</td> </tr> <tr> <td colspan="3" data-bbox="203 1056 542 1083">Producción bruta equipo de carga</td> </tr> <tr> <td data-bbox="850 1092 889 1119">P_b</td> <td data-bbox="915 1092 992 1119">321,19</td> <td data-bbox="1019 1092 1068 1119">m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="711 1125 889 1152">Tiempo de carga</td> <td data-bbox="927 1125 980 1152">0,63</td> <td data-bbox="1019 1125 1052 1152">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="695 1159 889 1186">Producción horaria</td> <td data-bbox="915 1159 992 1186">578,14</td> <td data-bbox="1019 1159 1084 1186">Ton/h</td> </tr> </table>			P _{max}	183,54	m ³ /h	Producción bruta equipo de carga			P _b	321,19	m ³ /h	Tiempo de carga	0,63	min	Producción horaria	578,14	Ton/h																																				
P _{max}	183,54	m ³ /h																																																			
Producción bruta equipo de carga																																																					
P _b	321,19	m ³ /h																																																			
Tiempo de carga	0,63	min																																																			
Producción horaria	578,14	Ton/h																																																			
5. Producción máxima equipo de transporte																																																					
<table> <tr> <td data-bbox="623 1283 889 1310">Condiciones de operación</td> <td colspan="2" data-bbox="899 1283 1013 1310">Favorable</td> </tr> <tr> <td data-bbox="558 1316 889 1344">Tiempo de descarga y maniobra</td> <td data-bbox="927 1316 980 1344">1,00</td> <td data-bbox="1019 1316 1052 1344">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="509 1350 889 1377">Definir tiempo de descarga y maniobra</td> <td colspan="2" data-bbox="927 1350 980 1377">1,00</td> </tr> <tr> <td data-bbox="526 1383 889 1411">Tiempo espera del equipo de carga</td> <td data-bbox="927 1383 980 1411">0,15</td> <td data-bbox="1019 1383 1052 1411">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="672 1417 889 1444">Condición de trabajo</td> <td colspan="2" data-bbox="915 1417 992 1444">Buena</td> </tr> <tr> <td data-bbox="315 1451 889 1478">Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo</td> <td data-bbox="927 1451 980 1478">0,8</td> <td data-bbox="1019 1451 1052 1478">min</td> </tr> </table>			Condiciones de operación	Favorable		Tiempo de descarga y maniobra	1,00	min	Definir tiempo de descarga y maniobra	1,00		Tiempo espera del equipo de carga	0,15	min	Condición de trabajo	Buena		Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8	min																																	
Condiciones de operación	Favorable																																																				
Tiempo de descarga y maniobra	1,00	min																																																			
Definir tiempo de descarga y maniobra	1,00																																																				
Tiempo espera del equipo de carga	0,15	min																																																			
Condición de trabajo	Buena																																																				
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8	min																																																			

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	80	6,5	108,3	0,74
	Vuelta	Vacío	80	10	166,7	0,48
2	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
3	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
4	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
5	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
6	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
			Promedio	Promedio	Suma	
			8,25	137,50	1,22	

Tiempo ciclo de transporte	3,17	min	
P_{max}	86,45	m^3/h	
N° de volquetes necesarios	4		
P_{real}	1,620	Ton/m^3	
Peso a transportar	4,4	Ton	$\leq 9900,0$
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min	
Viajes	16,0		
Producción horaria	70,0	Ton/h	
Tiempo	2,0	h	

6. Cálculo de estaciones de remanipulación (Nichos)

Longitud túnel	1000,0	m	
Peso a desescombrar	505,6	Ton	
Tamaño optimo	2,70	m^3	$\leq 2,70$
Tiempo asignado de desescombro	60	min	
Tiempo fijo	12,80	min	
Tiempo para limpieza del frente	5	min	
Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga	80	m	
Tiempo variable	18,62	min	
Tiempo Total	36,42	min	
Tiempo restante del ciclo	23,58	min	
Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación	101,33	m	
Distancia entre estaciones	181,33	m	
N° estaciones	4		

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

7. Cintas transportadoras

Tamaños máximos de bloque recomendados (mm)	Material con 80% de finos	
Ancho de la banda	1000	mm
Tamaño máximo de bloque recomendado	375	mm
Material	Grava y arena seca	
Inclinación máxima de la cinta	18 a 20	°
Defini inclinación máxima de la cinta	18	°
Tipo de material	Materiales finos que fluyen fácilmente en seco	
Ángulo de carga	5 a 10	°
Defini ángulo de carga	5	°

Velocidad de la banda	3,0-3,5	m/s	
Definir velocidad de la banda	3,0	m/s	
Longitud cinta	100	m	
P_v	2,7	KW	
Capacidad	578,1	Ton/h	
P_h	6,4	KW	
Elevación	12,5	m	
P_e	21,3	KW	
P_T	30,4	KW	
f	0,95		
M_p	32,0	KW	
$P_{\text{motor comercial}}$	37	KW	> 32,0
Peso a transportar	505,6	Ton	
Tiempo	0,87	h	

8. Transportadores blindados (Cintas con raquetas)

R_0	1500	Kg
v	2,0	m/s
K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2
η	0,96	
P	35,23	KW

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

9. Transporte sobre vía (Tren y vagones)

R	0,08	KN/Ton
g	9,81	m/s ²
Tipo de vagón	Vagones para roca	
μ	0,15	
Capacidad vagón	3,6	m ³
Capacidad vagón	6,5	Ton
ρ	2,5	%
Peso a transportar	505,6	Ton
M _T	18,0	Ton
M _L	37,7	Ton
F _z	4,6	
ζ	89	%
V _{max}	13,2	Km/h
Potencia locomotora	18,9	KW

Condiciones de operación	Favorable
Tiempo de descarga y maniobra	1,00 min
Definir tiempo de decarga y maniobra	1,00 min
Tiempo espera del equipo de carga	0,15 min
Condición de trabajo	Buena
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8 min

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	80	13,2	220,0	0,36
	Vuelta	Vacío	80	26,4	440,0	0,18
2	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
3	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
4	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
5	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
6	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
			Promedio	Promedio	Suma	
			19,80	330,00	0,55	

Tiempo ciclo de transporte	2,50	min	
P _{max}	71,84	m ³ /h	
N° de vagones	4		
P _{real}	1,620	Ton/m ³	
Peso a transportar	4,4	Ton	<= 6,5
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min	
Viajes	20,0		
Producción horaria	87,6	Ton/h	
Tiempo	1,33	h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																				
RETIRO DE REZAGA TERRENO TIPO IV																																						
1. Volumen de material volado																																						
	<table> <tr><td>L_{barreno}</td><td>1,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Sección del túnel</td><td>88,0</td><td>m²</td></tr> <tr><td>$\rho_{\text{in-situ}}$</td><td>2,40</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>ρ_{suelto}</td><td>1,80</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>V</td><td>0,75</td><td></td></tr> <tr><td>Volumen_{in-situ}</td><td>211,20</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Tipo de material</td><td colspan="2">Tierra comun y marga mojada</td></tr> <tr><td>PE</td><td>25</td><td>%</td></tr> <tr><td>Definir PE</td><td>33</td><td>%</td></tr> <tr><td>Volumen_{suelto}</td><td>280,90</td><td>m³</td></tr> </table>	L_{barreno}	1,0	m	Sección del túnel	88,0	m ²	$\rho_{\text{in-situ}}$	2,40	Ton/m ³	ρ_{suelto}	1,80	Ton/m ³	V	0,75		Volumen _{in-situ}	211,20	m ³	Tipo de material	Tierra comun y marga mojada		PE	25	%	Definir PE	33	%	Volumen _{suelto}	280,90	m ³							
L_{barreno}	1,0	m																																				
Sección del túnel	88,0	m ²																																				
$\rho_{\text{in-situ}}$	2,40	Ton/m ³																																				
ρ_{suelto}	1,80	Ton/m ³																																				
V	0,75																																					
Volumen _{in-situ}	211,20	m ³																																				
Tipo de material	Tierra comun y marga mojada																																					
PE	25	%																																				
Definir PE	33	%																																				
Volumen _{suelto}	280,90	m ³																																				
2. Equipo de transporte																																						
	<table> <tr><td colspan="3">Transporte sobre vía (Tren y vagones)</td></tr> <tr><td>Capacidad</td><td>5,5</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Capacidad</td><td>9900,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Peso del equipo cargado</td><td>36388,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Tipo de pista</td><td colspan="2">Pista de tierra con rodadas, blanda</td></tr> <tr><td>% de inclinación de la pista</td><td>6,0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Esfuerzo por inclinación de la pista</td><td>2183,3</td><td></td></tr> <tr><td>Resistencia a la rodadura</td><td>7,5</td><td></td></tr> <tr><td>Definir resistencia a la rodadura</td><td>2,0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Esfuerzo de rodadura</td><td>727,8</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Esfuerzo a tracción del equipo</td><td>13000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Esfuerzo a tracción disponible</td><td>10089,0</td><td>Kg</td></tr> </table>	Transporte sobre vía (Tren y vagones)			Capacidad	5,5	m ³	Capacidad	9900,0	Kg	Peso del equipo cargado	36388,0	Kg	Tipo de pista	Pista de tierra con rodadas, blanda		% de inclinación de la pista	6,0	%	Esfuerzo por inclinación de la pista	2183,3		Resistencia a la rodadura	7,5		Definir resistencia a la rodadura	2,0	%	Esfuerzo de rodadura	727,8	Kg	Esfuerzo a tracción del equipo	13000,0	Kg	Esfuerzo a tracción disponible	10089,0	Kg	
Transporte sobre vía (Tren y vagones)																																						
Capacidad	5,5	m ³																																				
Capacidad	9900,0	Kg																																				
Peso del equipo cargado	36388,0	Kg																																				
Tipo de pista	Pista de tierra con rodadas, blanda																																					
% de inclinación de la pista	6,0	%																																				
Esfuerzo por inclinación de la pista	2183,3																																					
Resistencia a la rodadura	7,5																																					
Definir resistencia a la rodadura	2,0	%																																				
Esfuerzo de rodadura	727,8	Kg																																				
Esfuerzo a tracción del equipo	13000,0	Kg																																				
Esfuerzo a tracción disponible	10089,0	Kg																																				
	<table> <tr><td>Tipo de rodamiento</td><td colspan="2">Neumaticos</td></tr> <tr><td>Peso sobre el eje motriz</td><td>30000,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td>Tipo de material de la pista</td><td colspan="2">Suelo de cantera sin fragmentar</td></tr> <tr><td>Coefficiente de tracción</td><td>0,75</td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine</td><td>22500,0</td><td>Kg</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>> 13000,0</td></tr> <tr><td colspan="3">Rendimientos de los motores por altitud</td></tr> <tr><td>Tipo de motor</td><td colspan="2">Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural</td></tr> <tr><td>Potencia</td><td>350,0</td><td>KW</td></tr> <tr><td>msnm proyecto</td><td>2100,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>Perdida de rendimiento</td><td>0,12</td><td></td></tr> <tr><td>Potencia efectiva</td><td>308,0</td><td>KW</td></tr> </table>	Tipo de rodamiento	Neumaticos		Peso sobre el eje motriz	30000,0	Kg	Tipo de material de la pista	Suelo de cantera sin fragmentar		Coefficiente de tracción	0,75		Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine	22500,0	Kg			> 13000,0	Rendimientos de los motores por altitud			Tipo de motor	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural		Potencia	350,0	KW	msnm proyecto	2100,0	m	Perdida de rendimiento	0,12		Potencia efectiva	308,0	KW	
Tipo de rodamiento	Neumaticos																																					
Peso sobre el eje motriz	30000,0	Kg																																				
Tipo de material de la pista	Suelo de cantera sin fragmentar																																					
Coefficiente de tracción	0,75																																					
Esfuerzo de tracción para que el tipo de rodamiento patine	22500,0	Kg																																				
		> 13000,0																																				
Rendimientos de los motores por altitud																																						
Tipo de motor	Motor diesel de 2 tiempo con aspiración natural																																					
Potencia	350,0	KW																																				
msnm proyecto	2100,0	m																																				
Perdida de rendimiento	0,12																																					
Potencia efectiva	308,0	KW																																				

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																																			
3. Equipo de carga																																																					
<table> <tr> <td colspan="3" data-bbox="597 338 1149 365">Cargadora de volteo posterior</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 365 889 401">Capacidad (C_c)</td> <td data-bbox="889 365 1019 401">2,70</td> <td data-bbox="1019 365 1149 401">m³</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 401 889 436">Estado del material a cargar</td> <td colspan="2" data-bbox="889 401 1149 436">Excavabilidad media</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 436 889 472">Factor de eficiencia E</td> <td colspan="2" data-bbox="889 436 1149 472">0.80-0.95</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 472 889 508">Definir factor de eficiencia E</td> <td data-bbox="889 472 1019 508">0,83</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 508 889 543">TA</td> <td data-bbox="889 508 1019 543">10,0</td> <td data-bbox="1019 508 1149 543">cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 543 889 579">C</td> <td data-bbox="889 543 1019 579">50,0</td> <td data-bbox="1019 543 1149 579">cm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 579 889 615">Tamaño relativo</td> <td colspan="2" data-bbox="889 579 1149 615">1/5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 615 889 651">Descripción de material</td> <td colspan="2" data-bbox="889 615 1149 651">Muy bien volada, suelos</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 651 889 686">Factor de llenado</td> <td colspan="2" data-bbox="889 651 1149 686">0.8-1.0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 686 889 722">Definir factor de llenado</td> <td data-bbox="889 686 1019 722">0,90</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 722 889 758">Nivel de excavabilidad</td> <td colspan="2" data-bbox="889 722 1149 758">Excavabilidad mala</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 758 889 793">T_c</td> <td data-bbox="889 758 1019 793">0,60</td> <td data-bbox="1019 758 1149 793">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 793 889 829">% altura optima</td> <td data-bbox="889 793 1019 829">100</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 829 889 865">Factor de corrección H</td> <td data-bbox="889 829 1019 865">1,00</td> <td data-bbox="1019 829 1149 865">%</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 865 889 900">Ángulo de giro</td> <td data-bbox="889 865 1019 900">120</td> <td data-bbox="1019 865 1149 900">°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="597 900 889 936">Factor de giro A</td> <td data-bbox="889 900 1019 936">0,91</td> <td></td> </tr> </table>			Cargadora de volteo posterior			Capacidad (C _c)	2,70	m ³	Estado del material a cargar	Excavabilidad media		Factor de eficiencia E	0.80-0.95		Definir factor de eficiencia E	0,83		TA	10,0	cm	C	50,0	cm	Tamaño relativo	1/5		Descripción de material	Muy bien volada, suelos		Factor de llenado	0.8-1.0		Definir factor de llenado	0,90		Nivel de excavabilidad	Excavabilidad mala		T _c	0,60	min	% altura optima	100		Factor de corrección H	1,00	%	Ángulo de giro	120	°	Factor de giro A	0,91	
Cargadora de volteo posterior																																																					
Capacidad (C _c)	2,70	m ³																																																			
Estado del material a cargar	Excavabilidad media																																																				
Factor de eficiencia E	0.80-0.95																																																				
Definir factor de eficiencia E	0,83																																																				
TA	10,0	cm																																																			
C	50,0	cm																																																			
Tamaño relativo	1/5																																																				
Descripción de material	Muy bien volada, suelos																																																				
Factor de llenado	0.8-1.0																																																				
Definir factor de llenado	0,90																																																				
Nivel de excavabilidad	Excavabilidad mala																																																				
T _c	0,60	min																																																			
% altura optima	100																																																				
Factor de corrección H	1,00	%																																																			
Ángulo de giro	120	°																																																			
Factor de giro A	0,91																																																				
4. Producción máxima equipo de carga																																																					
<table> <tr> <td data-bbox="203 989 834 1024">P_{max}</td> <td data-bbox="834 989 1019 1024">183,54</td> <td data-bbox="1019 989 1149 1024">m³/h</td> </tr> <tr> <td colspan="3" data-bbox="203 1052 545 1087">Producción bruta equipo de carga</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1087 834 1123">P_b</td> <td data-bbox="834 1087 1019 1123">321,19</td> <td data-bbox="1019 1087 1149 1123">m³/h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1123 834 1159">Tiempo de carga</td> <td data-bbox="834 1123 1019 1159">0,63</td> <td data-bbox="1019 1123 1149 1159">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1159 834 1194">Producción horaria</td> <td data-bbox="834 1159 1019 1194">578,14</td> <td data-bbox="1019 1159 1149 1194">Ton/h</td> </tr> </table>			P _{max}	183,54	m ³ /h	Producción bruta equipo de carga			P _b	321,19	m ³ /h	Tiempo de carga	0,63	min	Producción horaria	578,14	Ton/h																																				
P _{max}	183,54	m ³ /h																																																			
Producción bruta equipo de carga																																																					
P _b	321,19	m ³ /h																																																			
Tiempo de carga	0,63	min																																																			
Producción horaria	578,14	Ton/h																																																			
5. Producción máxima equipo de transporte																																																					
<table> <tr> <td data-bbox="203 1283 889 1318">Condiciones de operación</td> <td colspan="2" data-bbox="889 1283 1149 1318">Favorable</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1318 889 1354">Tiempo de descarga y maniobra</td> <td data-bbox="889 1318 1019 1354">1,00</td> <td data-bbox="1019 1318 1149 1354">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1354 889 1390">Definir tiempo de descarga y maniobra</td> <td data-bbox="889 1354 1019 1390">1,00</td> <td data-bbox="1019 1354 1149 1390">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1390 889 1425">Tiempo espera del equipo de carga</td> <td data-bbox="889 1390 1019 1425">0,15</td> <td data-bbox="1019 1390 1149 1425">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1425 889 1461">Condición de trabajo</td> <td colspan="2" data-bbox="889 1425 1149 1461">Buena</td> </tr> <tr> <td data-bbox="203 1461 889 1497">Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo</td> <td data-bbox="889 1461 1019 1497">0,8</td> <td data-bbox="1019 1461 1149 1497">min</td> </tr> </table>			Condiciones de operación	Favorable		Tiempo de descarga y maniobra	1,00	min	Definir tiempo de descarga y maniobra	1,00	min	Tiempo espera del equipo de carga	0,15	min	Condición de trabajo	Buena		Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8	min																																	
Condiciones de operación	Favorable																																																				
Tiempo de descarga y maniobra	1,00	min																																																			
Definir tiempo de descarga y maniobra	1,00	min																																																			
Tiempo espera del equipo de carga	0,15	min																																																			
Condición de trabajo	Buena																																																				
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8	min																																																			

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	80	6,5	108,3	0,74
	Vuelta	Vacío	80	10	166,7	0,48
2	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
3	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
4	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
5	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
6	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
			Promedio	Promedio	Suma	
			8,25	137,50	1,22	

Tiempo ciclo de transporte	3,17	min	
P_{max}	86,45	m^3/h	
N° de volquetes necesarios	4		
P_{real}	1,620	Ton/m^3	
Peso a transportar	4,4	Ton	$\leq 9900,0$
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min	
Viajes	16,0		
Producción horaria	70,0	Ton/h	
Tiempo	2,0	h	

6. Cálculo de estaciones de remanipulación (Nichos)

Longitud túnel	1000,0	m	
Peso a desescombrar	505,6	Ton	
Tamaño optimo	2,70	m^3	$\leq 2,70$
Tiempo asignado de desescombro	60	min	
Tiempo fijo	12,80	min	
Tiempo para limpieza del frente	5	min	
Longitud entre el frente del túnel y punto de descarga	80	m	
Tiempo variable	18,62	min	
Tiempo Total	36,42	min	
Tiempo restante del ciclo	23,58	min	
Distancia entre frente del túnel y estación de remanipulación	101,33	m	
Distancia entre estaciones	181,33	m	
N° estaciones	4		

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

7. Cintas transportadoras

Tamaños máximos de bloque recomendados (mm)	Material con 80% de finos	
Ancho de la banda	1000	mm
Tamaño máximo de bloque recomendado	375	mm
Material	Grava y arena seca	
Inclinación máxima de la cinta	18 a 20	°
Defini inclinación máxima de la cinta	18	°
Tipo de material	Materiales finos que fluyen fácilmente en seco	
Ángulo de carga	5 a 10	°
Defini ángulo de carga	5	°

Velocidad de la banda	3,0-3,5	m/s	
Definir velocidad de la banda	3,0	m/s	
Longitud cinta	100	m	
P_v	2,7	KW	
Capacidad	578,1	Ton/h	
P_h	6,4	KW	
Elevación	12,5	m	
P_e	21,3	KW	
P_T	30,4	KW	
f	0,95		
M_p	32,0	KW	
$P_{\text{motor comercial}}$	37	KW	> 32,0
Peso a transportar	505,6	Ton	
Tiempo	0,87	h	

8. Transportadores blindados (Cintas con racletas)

R_0	1500	Kg
v	2,0	m/s
K	1,15	varía ente 1.1 y 1.2
η	0,96	
P	35,23	KW

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
---	---	-------------------------------------

9. Transporte sobre vía (Tren y vagones)

R	0,08	KN/Ton
g	9,81	m/s ²
Tipo de vagón	Vagones para roca	
μ	0,15	
Capacidad vagón	3,6	m ³
Capacidad vagón	6,5	Ton
ρ	2,5	%
Peso a transportar	505,6	Ton
M _T	18,0	Ton
M _L	37,7	Ton
F _z	4,6	
ζ	89	%
V _{max}	13,2	Km/h
Potencia locomotora	18,9	KW

Condiciones de operación	Favorable
Tiempo de descarga y maniobra	1,00 min
Definir tiempo de decarga y maniobra	1,00 min
Tiempo espera del equipo de carga	0,15 min
Condición de trabajo	Buena
Tiempo ciclo de transporte, según condiciones de trabajo	0,8 min

Tramo	Estado	Distancia	Velocidad		Tiempo	
		(m)	(Km/h)	m/min	(min)	
1	Ida	Cargado	80	13,2	220,0	0,36
	Vuelta	Vacío	80	26,4	440,0	0,18
2	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
3	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
4	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
5	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
6	Ida	Cargado				
	Vuelta	Vacío				
			Promedio	Promedio	Suma	
			19,80	330,00	0,55	

Tiempo ciclo de transporte	2,50	min	
P _{max}	71,84	m ³ /h	
N° de vagones	4		
P _{real}	1,620	Ton/m ³	
Peso a transportar	4,4	Ton	<= 6,5
Cuantos minutos considera como 1 hora de trabajo	50,0	min	
Viajes	20,0		
Producción horaria	87,6	Ton/h	
Tiempo	1,33	h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
SOPORTE TIPO DE TERRENO		IIIb
Longitud del barreno	1,00 m	Verificar
Trabajos de soporte	Inyección de consolidación	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pernos en bóveda	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pernos en paredes	<input checked="" type="checkbox"/>
	Concreto lanzado	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cerchas metálicas fijas	<input checked="" type="checkbox"/>
	Enfilajes	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cerchas metálicas deformables	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pernos en solera curva	<input checked="" type="checkbox"/>
Inyección de consolidación		APLICA TIPO DE SOPORTE
Diametro inyección	0,051 m	
Área inyección	0,00204 m ²	
Longitud inyección (L _{barreno})	1,00 m	
Módulo de elasticidad del macizo	80000 KN/m ²	
Sección túnel	23,2 m ²	
Separación	5,00 m	
Módulo de la inyección	18114220 KN/m ²	
Área mejorada	0,0613 m ²	
N° inyecciones	5	
Módulo del macizo mejorado	127639 KN/m ²	
ml perforación	5,0 m	
VP promedio	2,65 m/min	
Tiempo de perforación	1,89 min	
Rendimiento propuesto de inyección y fraguado	0,60 m/min	
Tiempo inyección y fraguado	8,33 min	
Tiempo total	0,2 h	
Pernos en bóveda		APLICA TIPO DE SOPORTE
F	2,25	Varía entre 1,5 y 3
s	1,00	m
c	1,00	m
h	8,00	m
ρ	2,55	Ton/m ³
W	45,90	Ton/m ²

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

N° de pernos		
B	60,0	Ton
L	3,0	m
Área	3,5	m ²
N	7	
ml perforación	21,0	m
VP promedio	2,50	m/min
Tiempo de perforación	8,4	min
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min
Tiempo instalación y fraguado	35,00	min
Tiempo total	0,72	h

Pernos instalados en paredes APLICA TIPO DE SOPORTE

Condiciones del suelo	Residual		
	$h_{cobertura}$	450,0	m
	ρ	2,24	Ton/m ³
	σ	1008	Ton/m ²
	c	5	Ton/m ²
	A	3	m
	α	20	°
	β	70	°
	ϕ	24	°
	ϕ'	18	°
	Área	2,5	m ²
	N	8	
	L	3,0	m
	D	0,025	m
	σ_A	42000	Ton/m ²
	F_A	20,62	Ton
F_T	77,17	Ton	
W	43,13	Ton/m ²	
τ	328	Ton/m ²	
VP promedio	2,50	m/min	
ml perforación	24,4	m	
Tiempo de perforación	9,7	min	
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min	
Tiempo instalación y fraguado	40,61	min	
Tiempo total	0,84	h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																																												
Pernos en solera curva APLICA TIPO DE SOPORTE																																																														
	<table> <tr><td>ml perforación</td><td>2,4</td><td>m</td></tr> <tr><td>VP promedio</td><td>2,50</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo de perforación</td><td>1,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto instalación y graguado</td><td>0,60</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación y fraguado</td><td>4,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo total</td><td>0,08</td><td>h</td></tr> </table>	ml perforación	2,4	m	VP promedio	2,50	m/min	Tiempo de perforación	1,0	min	Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,60	m/min	Tiempo instalación y fraguado	4,0	min	Tiempo total	0,08	h																																											
ml perforación	2,4	m																																																												
VP promedio	2,50	m/min																																																												
Tiempo de perforación	1,0	min																																																												
Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,60	m/min																																																												
Tiempo instalación y fraguado	4,0	min																																																												
Tiempo total	0,08	h																																																												
Concreto lanzado APLICA TIPO DE SOPORTE																																																														
	<table> <tr><td>Perimetro</td><td>7,65</td><td>m</td></tr> <tr><td>Espesor concreto lanzado</td><td>0,51</td><td>m</td></tr> <tr><td>Área</td><td>7,65</td><td>m²</td></tr> <tr><td>m³ concreto</td><td>3,90</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto</td><td>2,75</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>1,42</td><td>h</td></tr> </table>	Perimetro	7,65	m	Espesor concreto lanzado	0,51	m	Área	7,65	m ²	m ³ concreto	3,90	m ³	Rendimiento propuesto	2,75	m ³ /h	Tiempo	1,42	h																																											
Perimetro	7,65	m																																																												
Espesor concreto lanzado	0,51	m																																																												
Área	7,65	m ²																																																												
m ³ concreto	3,90	m ³																																																												
Rendimiento propuesto	2,75	m ³ /h																																																												
Tiempo	1,42	h																																																												
Soporte metálicos fijos APLICA TIPO DE SOPORTE																																																														
Metodo de Hoek & Brown																																																														
<table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del macizo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>$h_{cobertura\ max}$</td><td>1100,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>ρ</td><td>2,55</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>σ_x</td><td>2805</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>c</td><td>2,5</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>ϕ</td><td>37</td><td>°</td></tr> <tr><td>K_0</td><td>2,5</td><td></td></tr> <tr><td>K</td><td>1,33</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Datos del macizo			$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	ρ	2,55	Ton/m ³	σ_x	2805	Ton/m ²	c	2,5	Ton/m ²	ϕ	37	°	K_0	2,5		K	1,33		<table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del túnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>3,50</td><td>m</td></tr> <tr><td>b, r</td><td>5,1</td><td>m</td></tr> <tr><td>a</td><td>0,35</td><td>m</td></tr> <tr><td>b</td><td>7,00</td><td>m</td></tr> <tr><td>σ_c</td><td>3,4</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>q</td><td>736,31</td><td>Ton/m</td></tr> <tr><td>σ_1</td><td>7047,9</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>σ_r</td><td>7061,8</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>σ_e</td><td>7080,1</td><td>Ton/m⁴</td></tr> <tr><td>R^*</td><td>2,69</td><td>m</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,00</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>	Datos del túnel			R	3,50	m	b, r	5,1	m	a	0,35	m	b	7,00	m	σ_c	3,4	Ton/m ²	q	736,31	Ton/m	σ_1	7047,9	Ton/m ²	σ_r	7061,8	Ton/m ³	σ_e	7080,1	Ton/m ⁴	R^*	2,69	m	S	1,00	m	
Datos del macizo																																																														
$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m																																																												
ρ	2,55	Ton/m ³																																																												
σ_x	2805	Ton/m ²																																																												
c	2,5	Ton/m ²																																																												
ϕ	37	°																																																												
K_0	2,5																																																													
K	1,33																																																													
Datos del túnel																																																														
R	3,50	m																																																												
b, r	5,1	m																																																												
a	0,35	m																																																												
b	7,00	m																																																												
σ_c	3,4	Ton/m ²																																																												
q	736,31	Ton/m																																																												
σ_1	7047,9	Ton/m ²																																																												
σ_r	7061,8	Ton/m ³																																																												
σ_e	7080,1	Ton/m ⁴																																																												
R^*	2,69	m																																																												
S	1,00	m																																																												
	<table> <tr><td>σ_e</td><td>42000</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>W_{xx}</td><td>0,0076</td><td>m³</td></tr> <tr><td>W_{xx}</td><td>76,38</td><td>cm³</td></tr> <tr><td>S</td><td>2,50</td><td>m</td></tr> <tr><td>Tipo de soporte</td><td>TH58-29</td><td></td></tr> <tr><td>Peso del soporte</td><td>29</td><td>Kg/m</td></tr> <tr><td>Rendimiento instalación</td><td>3,50</td><td>Kg/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td>63,39</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td>1,06</td><td>h</td></tr> </table>	σ_e	42000	Ton/m ²	W_{xx}	0,0076	m ³	W_{xx}	76,38	cm ³	S	2,50	m	Tipo de soporte	TH58-29		Peso del soporte	29	Kg/m	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min	Tiempo instalación	63,39	min	Tiempo instalación	1,06	h																																		
σ_e	42000	Ton/m ²																																																												
W_{xx}	0,0076	m ³																																																												
W_{xx}	76,38	cm ³																																																												
S	2,50	m																																																												
Tipo de soporte	TH58-29																																																													
Peso del soporte	29	Kg/m																																																												
Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																												
Tiempo instalación	63,39	min																																																												
Tiempo instalación	1,06	h																																																												

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																																								
Cerchas metálicas deformables APLICA TIPO DE SOPORTE																																																										
<p>Metodo de arcos cendentes</p> <table border="0"> <tr> <td colspan="2" data-bbox="383 415 561 443">Datos del macizo</td> <td colspan="2" data-bbox="870 415 1154 443">Selección del tipo de soporte</td> </tr> <tr> <td data-bbox="358 478 399 506">f(ϕ)</td> <td data-bbox="464 478 553 506">4 °</td> <td data-bbox="919 478 943 506">σ_e</td> <td data-bbox="984 478 1130 506">420 MPa</td> </tr> <tr> <td data-bbox="383 512 407 539">P_i</td> <td data-bbox="431 512 618 539">2174,5 Ton/m²</td> <td data-bbox="773 512 935 539">Tipo de soporte</td> <td data-bbox="967 512 1057 539">TH58-21</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="919 546 927 573">S</td> <td data-bbox="984 546 1105 573">0,90 m</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="919 579 927 606">D</td> <td data-bbox="984 579 1105 606">398 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="919 613 935 640">I_s</td> <td data-bbox="984 613 1122 640">127 cm⁴</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="919 646 927 674">e</td> <td data-bbox="984 646 1040 674">0,05</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="919 680 943 707">tb</td> <td data-bbox="984 680 1040 707">0,1 m</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="919 714 943 741">A_s</td> <td data-bbox="984 714 1105 741">0,27 m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="708 779 773 806">PS_{max}</td> <td data-bbox="837 779 911 806">1726,2</td> <td data-bbox="951 779 1024 806">Ton/m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="626 812 805 840">Peso del soporte</td> <td data-bbox="854 812 878 840">21</td> <td data-bbox="951 812 1008 840">Kg/m</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="545 846 805 873">Rendimiento instalación</td> <td data-bbox="854 846 902 873">3,50</td> <td data-bbox="951 846 1024 873">Kg/min</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="602 879 805 907">Tiempo instalación</td> <td data-bbox="854 879 911 907">51,0</td> <td data-bbox="951 879 992 907">min</td> </tr> <tr> <td></td> <td data-bbox="602 913 805 940">Tiempo instalación</td> <td data-bbox="854 913 911 940">0,85</td> <td data-bbox="951 913 959 940">h</td> </tr> </table>			Datos del macizo		Selección del tipo de soporte		f(ϕ)	4 °	σ_e	420 MPa	P _i	2174,5 Ton/m ²	Tipo de soporte	TH58-21			S	0,90 m			D	398 mm			I _s	127 cm ⁴			e	0,05			tb	0,1 m			A _s	0,27 m ²		PS _{max}	1726,2	Ton/m ²		Peso del soporte	21	Kg/m		Rendimiento instalación	3,50	Kg/min		Tiempo instalación	51,0	min		Tiempo instalación	0,85	h
Datos del macizo		Selección del tipo de soporte																																																								
f(ϕ)	4 °	σ_e	420 MPa																																																							
P _i	2174,5 Ton/m ²	Tipo de soporte	TH58-21																																																							
		S	0,90 m																																																							
		D	398 mm																																																							
		I _s	127 cm ⁴																																																							
		e	0,05																																																							
		tb	0,1 m																																																							
		A _s	0,27 m ²																																																							
	PS _{max}	1726,2	Ton/m ²																																																							
	Peso del soporte	21	Kg/m																																																							
	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																							
	Tiempo instalación	51,0	min																																																							
	Tiempo instalación	0,85	h																																																							
Enfilajes APLICA TIPO DE SOPORTE																																																										
<table border="0"> <tr> <td data-bbox="643 1045 805 1073">Perímetro túnel</td> <td data-bbox="854 1045 911 1073">7,65</td> <td data-bbox="951 1045 976 1073">m²</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1079 805 1106">H_f</td> <td data-bbox="854 1079 902 1106">12,0</td> <td data-bbox="951 1079 959 1106">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1113 805 1140">α_f</td> <td data-bbox="854 1113 886 1140">60</td> <td data-bbox="951 1113 959 1140">°</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1146 805 1173">L_f</td> <td data-bbox="837 1146 911 1173">171,61</td> <td data-bbox="951 1146 959 1173">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1180 805 1207">E_e</td> <td data-bbox="821 1180 927 1207">18000000</td> <td data-bbox="951 1180 1024 1207">KN/m²</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1213 805 1241">D_e</td> <td data-bbox="854 1213 902 1241">0,20</td> <td data-bbox="951 1213 959 1241">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1247 805 1274">I_e</td> <td data-bbox="821 1247 927 1274">7,854E-05</td> <td data-bbox="951 1247 976 1274">m⁴</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1281 805 1308">E_m</td> <td data-bbox="837 1281 911 1308">120000</td> <td data-bbox="951 1281 1024 1308">KN/m²</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1314 805 1341">L_e</td> <td data-bbox="854 1314 902 1341">0,43</td> <td data-bbox="951 1314 959 1341">m</td> </tr> </table>			Perímetro túnel	7,65	m ²	H _f	12,0	m	α _f	60	°	L _f	171,61	m	E _e	18000000	KN/m ²	D _e	0,20	m	I _e	7,854E-05	m ⁴	E _m	120000	KN/m ²	L _e	0,43	m																													
Perímetro túnel	7,65	m ²																																																								
H _f	12,0	m																																																								
α _f	60	°																																																								
L _f	171,61	m																																																								
E _e	18000000	KN/m ²																																																								
D _e	0,20	m																																																								
I _e	7,854E-05	m ⁴																																																								
E _m	120000	KN/m ²																																																								
L _e	0,43	m																																																								
<table border="0"> <tr> <td colspan="3" data-bbox="651 1377 854 1404">Tipo de cercha Fija</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1411 805 1438">L_a</td> <td data-bbox="854 1411 902 1438">2,5</td> <td data-bbox="951 1411 959 1438">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1444 805 1472">L_d</td> <td data-bbox="837 1444 911 1472">174,63</td> <td data-bbox="951 1444 959 1472">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="708 1478 805 1505">Definir L_d</td> <td data-bbox="854 1478 886 1505">10</td> <td data-bbox="951 1478 959 1505">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="781 1512 805 1539">S_e</td> <td data-bbox="854 1512 902 1539">0,5</td> <td data-bbox="951 1512 959 1539">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="683 1545 805 1572">N° enfilajes</td> <td data-bbox="854 1545 894 1572">4,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="659 1579 805 1606">ml perforación</td> <td data-bbox="854 1579 911 1606">40,0</td> <td data-bbox="951 1579 959 1606">m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="667 1612 805 1640">VP promedio</td> <td data-bbox="854 1612 911 1640">2,50</td> <td data-bbox="951 1612 1008 1640">m/min</td> </tr> </table>			Tipo de cercha Fija			L _a	2,5	m	L _d	174,63	m	Definir L _d	10	m	S _e	0,5	m	N° enfilajes	4,0		ml perforación	40,0	m	VP promedio	2,50	m/min																																
Tipo de cercha Fija																																																										
L _a	2,5	m																																																								
L _d	174,63	m																																																								
Definir L _d	10	m																																																								
S _e	0,5	m																																																								
N° enfilajes	4,0																																																									
ml perforación	40,0	m																																																								
VP promedio	2,50	m/min																																																								
<table border="0"> <tr> <td data-bbox="570 1682 805 1709">Tiempo de perforación</td> <td data-bbox="854 1682 911 1709">15,97</td> <td data-bbox="951 1682 992 1709">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="431 1715 805 1743">Rendimiento propuesto de inyección</td> <td data-bbox="854 1715 902 1743">1,80</td> <td data-bbox="951 1715 1008 1743">m/min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="618 1749 805 1776">Tiempo inyección</td> <td data-bbox="854 1749 911 1776">22,22</td> <td data-bbox="951 1749 992 1776">min</td> </tr> <tr> <td data-bbox="675 1782 805 1810">Tiempo total</td> <td data-bbox="854 1782 894 1810">0,6</td> <td data-bbox="951 1782 959 1810">h</td> </tr> </table>			Tiempo de perforación	15,97	min	Rendimiento propuesto de inyección	1,80	m/min	Tiempo inyección	22,22	min	Tiempo total	0,6	h																																												
Tiempo de perforación	15,97	min																																																								
Rendimiento propuesto de inyección	1,80	m/min																																																								
Tiempo inyección	22,22	min																																																								
Tiempo total	0,6	h																																																								
<p>Resumen</p> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="561 1881 805 1908">Tiempo total de soporte</td> <td data-bbox="854 1881 911 1908">5,78</td> <td data-bbox="951 1881 959 1908">h</td> </tr> </table>			Tiempo total de soporte	5,78	h																																																					
Tiempo total de soporte	5,78	h																																																								

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
SOPORTE TIPO DE TERRENO		IV
Longitud del barreno	1,00 m	Verificar
Trabajos de soporte	Inyección de consolidación	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pernos en bóveda	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pernos en paredes	<input checked="" type="checkbox"/>
	Concreto lanzado	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cerchas metálicas fijas	<input checked="" type="checkbox"/>
	Enfilajes	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cerchas metálicas deformables	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pernos en solera curva	<input checked="" type="checkbox"/>
Inyección de consolidación		APLICA TIPO DE SOPORTE
Diametro inyección	0,051 m	
Área inyección	0,00204 m ²	
Longitud inyección (L _{barreno})	1,00 m	
Módulo de elasticidad del macizo	80000 KN/m ²	
Sección túnel	23,2 m ²	
Separación	5,00 m	
Módulo de la inyección	18114220 KN/m ²	
Área mejorada	0,0613 m ²	
N° inyecciones	5	
Módulo del macizo mejorado	127639 KN/m ²	
ml perforación	5,0 m	
VP promedio	2,65 m/min	
Tiempo de perforación	1,89 min	
Rendimiento propuesto de inyección y fraguado	0,60 m/min	
Tiempo inyección y fraguado	8,33 min	
Tiempo total	0,2 h	
Pernos en bóveda		APLICA TIPO DE SOPORTE
F	2,25	Varía entre 1,5 y 3
s	1,00	m
c	1,00	m
h	8,00	m
ρ	2,55	Ton/m ³
W	45,90	Ton/m ²

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana
--	--	---

N° de pernos		
B	60,0	Ton
L	3,0	m
Área	3,5	m ²
N	7	
ml perforación	21,0	m
VP promedio	2,50	m/min
Tiempo de perforación	8,4	min
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min
Tiempo instalación y fraguado	35,00	min
Tiempo total	0,72	h

Pernos instalados en paredes APLICA TIPO DE SOPORTE

Condiciones del suelo	Residual		
<p style="text-align: center;">$R = cA + W \cos \beta \tan \phi$</p>	$h_{cobertura}$	450,0	m
	ρ	2,24	Ton/m ³
	σ	1008	Ton/m ²
	c	5	Ton/m ²
	A	3	m
	α	20	°
	β	70	°
	ϕ	24	°
	ϕ'	18	°
	Área	2,5	m ²
	N	8	
	L	3,0	m
	D	0,025	m
	σ_A	42000	Ton/m ²
	F_A	20,62	Ton
F_T	77,17	Ton	
W	43,13	Ton/m ²	
τ	328	Ton/m ²	
VP promedio	2,50	m/min	
ml perforación	24,4	m	
Tiempo de perforación	9,7	min	
Rendimiento propuesto instalación y gragado	0,60	m/min	
Tiempo instalación y fraguado	40,61	min	
Tiempo total	0,84	h	

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																																																												
Pernos en solera curva APLICA TIPO DE SOPORTE																																																														
	<table> <tr><td>ml perforación</td><td>2,4</td><td>m</td></tr> <tr><td>VP promedio</td><td>2,50</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo de perforación</td><td>1,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto instalación y graguado</td><td>0,60</td><td>m/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación y fraguado</td><td>4,0</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo total</td><td>0,08</td><td>h</td></tr> </table>	ml perforación	2,4	m	VP promedio	2,50	m/min	Tiempo de perforación	1,0	min	Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,60	m/min	Tiempo instalación y fraguado	4,0	min	Tiempo total	0,08	h																																											
ml perforación	2,4	m																																																												
VP promedio	2,50	m/min																																																												
Tiempo de perforación	1,0	min																																																												
Rendimiento propuesto instalación y graguado	0,60	m/min																																																												
Tiempo instalación y fraguado	4,0	min																																																												
Tiempo total	0,08	h																																																												
Concreto lanzado APLICA TIPO DE SOPORTE																																																														
	<table> <tr><td>Perimetro</td><td>7,65</td><td>m</td></tr> <tr><td>Espesor concreto lanzado</td><td>0,51</td><td>m</td></tr> <tr><td>Área</td><td>7,65</td><td>m²</td></tr> <tr><td>m³ concreto</td><td>3,90</td><td>m³</td></tr> <tr><td>Rendimiento propuesto</td><td>2,75</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Tiempo</td><td>1,42</td><td>h</td></tr> </table>	Perimetro	7,65	m	Espesor concreto lanzado	0,51	m	Área	7,65	m ²	m ³ concreto	3,90	m ³	Rendimiento propuesto	2,75	m ³ /h	Tiempo	1,42	h																																											
Perimetro	7,65	m																																																												
Espesor concreto lanzado	0,51	m																																																												
Área	7,65	m ²																																																												
m ³ concreto	3,90	m ³																																																												
Rendimiento propuesto	2,75	m ³ /h																																																												
Tiempo	1,42	h																																																												
Soporte metálicos fijos APLICA TIPO DE SOPORTE																																																														
Metodo de Hoek & Brown																																																														
<table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del macizo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>$h_{cobertura\ max}$</td><td>1100,0</td><td>m</td></tr> <tr><td>ρ</td><td>2,55</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>σ_x</td><td>2805</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>c</td><td>2,5</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>ϕ</td><td>37</td><td>°</td></tr> <tr><td>K_0</td><td>2,5</td><td></td></tr> <tr><td>K</td><td>1,33</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Datos del macizo			$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m	ρ	2,55	Ton/m ³	σ_x	2805	Ton/m ²	c	2,5	Ton/m ²	ϕ	37	°	K_0	2,5		K	1,33		<table> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos del túnel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>3,50</td><td>m</td></tr> <tr><td>b, r</td><td>5,1</td><td>m</td></tr> <tr><td>a</td><td>0,35</td><td>m</td></tr> <tr><td>b</td><td>7,00</td><td>m</td></tr> <tr><td>σ_c</td><td>3,4</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>q</td><td>736,31</td><td>Ton/m</td></tr> <tr><td>σ_1</td><td>7047,9</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>σ_r</td><td>7061,8</td><td>Ton/m³</td></tr> <tr><td>σ_e</td><td>7080,1</td><td>Ton/m⁴</td></tr> <tr><td>R*</td><td>2,69</td><td>m</td></tr> <tr><td>S</td><td>1,00</td><td>m</td></tr> </tbody> </table>	Datos del túnel			R	3,50	m	b, r	5,1	m	a	0,35	m	b	7,00	m	σ_c	3,4	Ton/m ²	q	736,31	Ton/m	σ_1	7047,9	Ton/m ²	σ_r	7061,8	Ton/m ³	σ_e	7080,1	Ton/m ⁴	R*	2,69	m	S	1,00	m	
Datos del macizo																																																														
$h_{cobertura\ max}$	1100,0	m																																																												
ρ	2,55	Ton/m ³																																																												
σ_x	2805	Ton/m ²																																																												
c	2,5	Ton/m ²																																																												
ϕ	37	°																																																												
K_0	2,5																																																													
K	1,33																																																													
Datos del túnel																																																														
R	3,50	m																																																												
b, r	5,1	m																																																												
a	0,35	m																																																												
b	7,00	m																																																												
σ_c	3,4	Ton/m ²																																																												
q	736,31	Ton/m																																																												
σ_1	7047,9	Ton/m ²																																																												
σ_r	7061,8	Ton/m ³																																																												
σ_e	7080,1	Ton/m ⁴																																																												
R*	2,69	m																																																												
S	1,00	m																																																												
	<table> <tr><td>σ_e</td><td>42000</td><td>Ton/m²</td></tr> <tr><td>W_{xx}</td><td>0,0076</td><td>m³</td></tr> <tr><td>W_{xx}</td><td>76,38</td><td>cm³</td></tr> <tr><td>S</td><td>2,50</td><td>m</td></tr> <tr><td>Tipo de soporte</td><td>TH58-29</td><td></td></tr> <tr><td>Peso del soporte</td><td>29</td><td>Kg/m</td></tr> <tr><td>Rendimiento instalación</td><td>3,50</td><td>Kg/min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td>63,39</td><td>min</td></tr> <tr><td>Tiempo instalación</td><td>1,06</td><td>h</td></tr> </table>	σ_e	42000	Ton/m ²	W_{xx}	0,0076	m ³	W_{xx}	76,38	cm ³	S	2,50	m	Tipo de soporte	TH58-29		Peso del soporte	29	Kg/m	Rendimiento instalación	3,50	Kg/min	Tiempo instalación	63,39	min	Tiempo instalación	1,06	h																																		
σ_e	42000	Ton/m ²																																																												
W_{xx}	0,0076	m ³																																																												
W_{xx}	76,38	cm ³																																																												
S	2,50	m																																																												
Tipo de soporte	TH58-29																																																													
Peso del soporte	29	Kg/m																																																												
Rendimiento instalación	3,50	Kg/min																																																												
Tiempo instalación	63,39	min																																																												
Tiempo instalación	1,06	h																																																												

Proyecto de grado en Maestría en Ingeniería Civil. Énfasis en Geotecnia	Análisis de rendimientos para varios sistemas de excavación de túneles en roca.	Elaborado por: Ing. Diego Triana																												
Cerchas metálicas deformables APLICA TIPO DE SOPORTE																														
<p>Metodo de arcos cendentes</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Datos del macizo</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Selección del tipo de soporte</td> </tr> <tr> <td>$f(\phi)$ 4 °</td> <td>σ_e 420 MPa</td> </tr> <tr> <td>P_i 2174,5 Ton/m²</td> <td>Tipo de soporte TH58-21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S 0,90 m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>D 398 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>I_s 127 cm⁴</td> </tr> <tr> <td></td> <td>θ 0,05</td> </tr> <tr> <td></td> <td>tb 0,1 m</td> </tr> <tr> <td></td> <td>A_s 0,27 m²</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PS_{max} 1726,2 Ton/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del soporte 21 Kg/m</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rendimiento instalación 3,50 Kg/min</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo instalación 51,0 min</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tiempo instalación 0,85 h</td> <td></td> </tr> </table>			Datos del macizo	Selección del tipo de soporte	$f(\phi)$ 4 °	σ_e 420 MPa	P_i 2174,5 Ton/m ²	Tipo de soporte TH58-21		S 0,90 m		D 398 mm		I_s 127 cm ⁴		θ 0,05		tb 0,1 m		A_s 0,27 m ²	PS_{max} 1726,2 Ton/m ²		Peso del soporte 21 Kg/m		Rendimiento instalación 3,50 Kg/min		Tiempo instalación 51,0 min		Tiempo instalación 0,85 h	
Datos del macizo	Selección del tipo de soporte																													
$f(\phi)$ 4 °	σ_e 420 MPa																													
P_i 2174,5 Ton/m ²	Tipo de soporte TH58-21																													
	S 0,90 m																													
	D 398 mm																													
	I_s 127 cm ⁴																													
	θ 0,05																													
	tb 0,1 m																													
	A_s 0,27 m ²																													
PS_{max} 1726,2 Ton/m ²																														
Peso del soporte 21 Kg/m																														
Rendimiento instalación 3,50 Kg/min																														
Tiempo instalación 51,0 min																														
Tiempo instalación 0,85 h																														
Enfilajes APLICA TIPO DE SOPORTE																														
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Perímetro túnel</td> <td style="width: 30%;">7,65</td> <td style="width: 40%;">m²</td> </tr> <tr> <td>H_f</td> <td>12,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>α_f</td> <td>60</td> <td>°</td> </tr> <tr> <td>L_f</td> <td>171,61</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>E_e</td> <td>18000000</td> <td>KN/m²</td> </tr> <tr> <td>D_e</td> <td>0,20</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>I_e</td> <td>7,854E-05</td> <td>m⁴</td> </tr> <tr> <td>E_m</td> <td>120000</td> <td>KN/m²</td> </tr> <tr> <td>L_e</td> <td>0,43</td> <td>m</td> </tr> </table>			Perímetro túnel	7,65	m ²	H_f	12,0	m	α_f	60	°	L_f	171,61	m	E_e	18000000	KN/m ²	D_e	0,20	m	I_e	7,854E-05	m ⁴	E_m	120000	KN/m ²	L_e	0,43	m	
Perímetro túnel	7,65	m ²																												
H_f	12,0	m																												
α_f	60	°																												
L_f	171,61	m																												
E_e	18000000	KN/m ²																												
D_e	0,20	m																												
I_e	7,854E-05	m ⁴																												
E_m	120000	KN/m ²																												
L_e	0,43	m																												
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Tipo de cercha</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Fija</td> </tr> <tr> <td>L_a</td> <td>2,5</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>L_d</td> <td>174,63</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Definir L_d</td> <td>10</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>S_e</td> <td>0,5</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>N° enfilajes</td> <td>4,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ml perforación</td> <td>40,0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>VP promedio</td> <td>2,50</td> <td>m/min</td> </tr> </table>			Tipo de cercha	Fija		L_a	2,5	m	L_d	174,63	m	Definir L_d	10	m	S_e	0,5	m	N° enfilajes	4,0		ml perforación	40,0	m	VP promedio	2,50	m/min				
Tipo de cercha	Fija																													
L_a	2,5	m																												
L_d	174,63	m																												
Definir L_d	10	m																												
S_e	0,5	m																												
N° enfilajes	4,0																													
ml perforación	40,0	m																												
VP promedio	2,50	m/min																												
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Tiempo de perforación</td> <td style="width: 30%;">15,97</td> <td style="width: 40%;">min</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento propuesto de inyección</td> <td>1,80</td> <td>m/min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo inyección</td> <td>22,22</td> <td>min</td> </tr> <tr> <td>Tiempo total</td> <td>0,6</td> <td>h</td> </tr> </table>			Tiempo de perforación	15,97	min	Rendimiento propuesto de inyección	1,80	m/min	Tiempo inyección	22,22	min	Tiempo total	0,6	h																
Tiempo de perforación	15,97	min																												
Rendimiento propuesto de inyección	1,80	m/min																												
Tiempo inyección	22,22	min																												
Tiempo total	0,6	h																												
<p>Resumen</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Tiempo total de soporte</td> <td style="width: 30%;">5,78</td> <td style="width: 40%;">h</td> </tr> </table>			Tiempo total de soporte	5,78	h																									
Tiempo total de soporte	5,78	h																												