

PROYECTO: PROYECTO CONSTRUCTIVO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA TF-616, EN UN TRAMO DEL BARRIO LOS BARRANCOS (SANTA LUCÍA). T. M. DE GÜÍMAR.

DOCUMENTO: DOCUMENTO I MEMORIA Y ANEJOS

PETICIONARIO: EXCMO. AYUNTAMIENTO DE GÜÍMAR

CONSULTOR: WARA INGENIERÍA AMBIENTAL SL

AUTOR: GERMÁN HERNÁNDEZ DURÁN. Dr. Ingeniero de Minas. N° Col. 414

ANEJO N° 5 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA TF-616, EN UN TRAMO DEL BARRIO LOS
BARRANCOS (SANTA LUCÍA). T. M. DE GÜÍMAR.
ANEJO Nº 5 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

ÍNDICE

1	CÁLCULO DE LA PRESIÓN ESTABILIZADORA EN TALUDES DE ROCA	5
1.1	CÁLCULOS DE VUELCO.	6
1.1	DESLIZAMIENTO PLANO DE TRAMOS DE ACANTILADO EN DESCALCE	9
1.2	DESLIZAMIENTO PLANO DE BLOQUES.....	10
1.3	CÁLCULO DE MALLAS DE GUIADO	12
2	CÁLCULO DE ANCLAJES.....	15

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LA CARRETERA TF-616, EN UN TRAMO DEL BARRIO LOS
BARRANCOS (SANTA LUCÍA). T. M. DE GÜÍMAR.
ANEJO Nº 5 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

1 CÁLCULO DE LA PRESIÓN ESTABILIZADORA EN TALUDES DE ROCA

En este capítulo se determina la presión necesaria a aplicar sobre la pared del macizo rocoso para evitar el desprendimiento de bloques. Tal y como se describe en el Anejo de geología y geotecnia, los movimientos o mecanismos de fallo que se producen en la zona de estudio son diversos, destacando los deslizamientos o vuelcos de bloques por descalce, y en menor medida deslizamientos planos.

Dada la configuración irregular del acantilado y profundidad variable de las zonas descalzadas, a partir del levantamiento topográfico realizado mediante láser escáner se han trazado perfiles transversales al acantilado cada 1m, de manera que se ha podido realizar un análisis detallado de las diferentes situaciones de inestabilidad. Una vez identificado cada perfil, su morfología y tipología de movimientos de los bloques, se realiza el cálculo de estabilidad en diferentes tramos del acantilado, obteniéndose una carga nominal de estabilización en kN/m^2 , a partir de la cual se realiza el cálculo de anclajes para cada sector de estudio.

Los parámetros introducidos en los cálculos proceden de los datos tomados en campo y recogidos en el Anejo de Geología y Geotecnia, así como de trabajos precedentes en los mismos materiales y datos bibliográficos.

Para ello se han estudiado diferentes secciones de cálculo donde se producen estos mecanismos de rotura:

- Vuelco de prismas:
 - PK 0+075 Colada superior
 - PK 0+080 Colada intermedia
- Descalces por el pie y deslizamiento:
 - PK 0+120 Colada intermedia
- Deslizamiento plano:
 - PK 0+075 Colada superior
 - PK 0+075 Colada superior

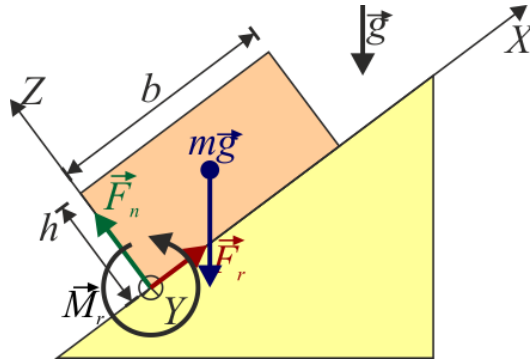
En el caso de laderas de menor pendiente y con desprendimientos de pequeño tamaño, el cálculo se ha hecho para mallas de guiado de rocas (PK 0+105).

A continuación, se exponen los resultados de los cálculos de estabilización para cada perfil estudiado, adoptando un método de cálculo diferente en función del tipo de mecanismo de inestabilidad.

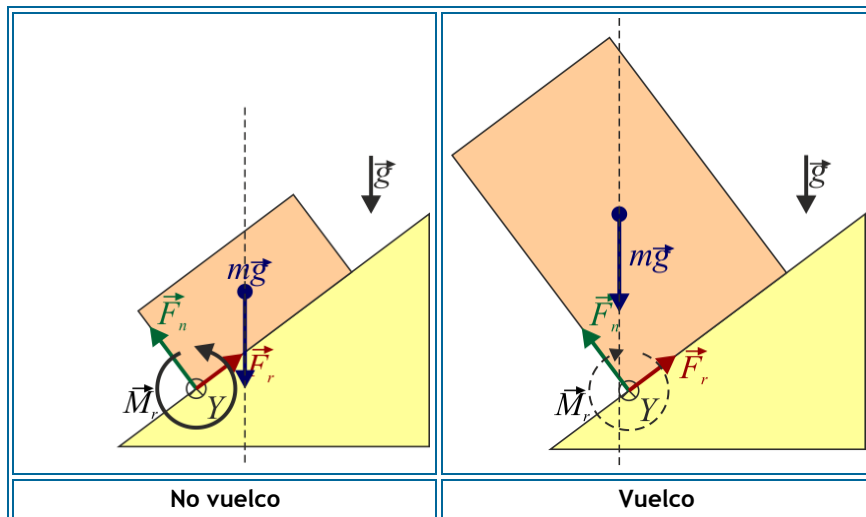
1.1 CÁLCULOS DE VUELCO.

El análisis de estabilidad de un bloque se realiza en dos dimensiones para un bloque único de forma rectangular. La condición de deslizamiento es $\alpha > \varphi$ y la de vuelco es $\tan \alpha > b/h$. Donde:

- α = Ángulo de inclinación de la base del bloque
- φ = Ángulo de rozamiento entre el bloque y su base
- b = Espesor del bloque
- h = Altura del bloque



Gráficamente la condición de vuelco equivale a que la vertical del peso debe caer dentro de la superficie de la base del bloque. Si cae fuera de ella, el bloque vuelca.

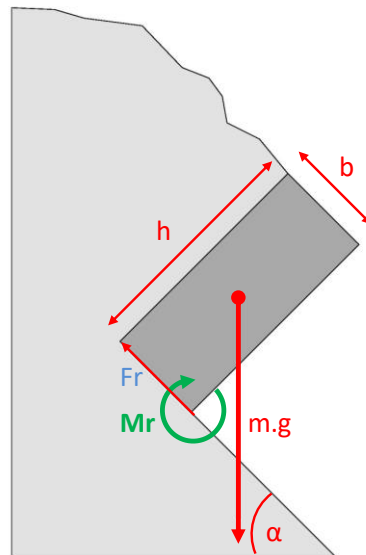


VUELCO DE BLOQUES PK 0+075 Colada Superior		
b	Espesor inestable / espesor prismas	1,00 m
h	Altura bloque / prisma	2,10 m
α	Angulo plano deslizamiento	47,00 grados
ρ	Densidad roca	2,65 t/m ³
φ	Angulo fricción roca	38,00 grados
Ac	Aceleración sísmica horizontal (ah/g)	0,04 g
Condición de deslizamiento $\alpha > \varphi$		DESLIZA
Condición de vuelco $\tan \alpha > b/h$		VUELCA
γ	Arcotangente equivalente a la acción sísmica	2,29 grados
V	Volumen roca	2,10 m ³
m	Masa roca	5.565,00 kg
P	Peso roca	54.537,00 N
Mr	Carga de estabilización paralela al plano de deslizamiento	25,62 kN
C	Factor de cuña	1,40
FS	Factor de seguridad al deslizamiento	1,30
Mrf	Carga de estabilización para el FS considerado	23,79 kN
qn	Carga nominal de estabilización	11,33 kN/m²

$$M_r = \frac{m \times g}{2} (b \cos \alpha - h \sin \alpha)$$

VUELCO DE BLOQUES PK 0+080 Colada Intermedia

b	Espesor inestable / espesor prismas	1,55	m
h	Altura bloque / prisma	2,35	m
α	Angulo plano deslizamiento	47,00	grados
ρ	Densidad roca	2,65	t/m3
φ	Angulo fricción roca	38,00	grados
Ac	Aceleración sísmica horizontal (ah/g)	0,04	g
Condición de deslizamiento $\alpha > \varphi$		DESLIZA	
Condición de vuelco $\tan \alpha > b/h$		VUELCA	
γ	Arcotangente equivalente a la acción sísmica	2,29	grados
V	Volumen roca	3,64	m3
m	Masa roca	9.652,63	kg
P	Peso roca	94.595,73	N
Mr	Carga de estabilización paralela al plano de deslizamiento	36,44	kN
C	Factor de cuña	1,40	
FS	Factor de seguridad al deslizamiento	1,30	
Mrf	Carga de estabilización para el FS considerado	33,84	kN
qn	Carga nominal de estabilización	14,40	kN/m2



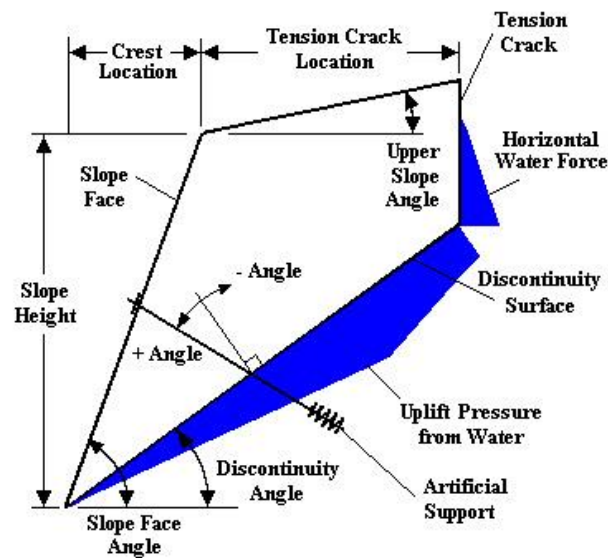
$$M_r = \frac{m \times g}{2} (b \cos \alpha - h \sin \alpha)$$

1.1 DESLIZAMIENTO PLANO DE TRAMOS DE ACANTILADO EN DESCALCE

DESCALCE BLOQUES PK 0+120 COLADA INTERMEDIA			
E	Espesor inestable / espesor prismas	1,75	m
H	Potencia colada / estrato	4,00	m
Hr	Altura bloque inestable	4,53	m
α	Angulo plano deslizamiento	62,00	grados
ρ	Densidad roca	2,65	t/m ³
φ	Angulo fricción roca	40,00	grados
Ac	Aceleración sísmica horizontal (ah/g)	0,04	g
γ	Arcotangente equivalente a la acción sísmica	2,38	grados
V	Volumen roca	7,93	m ³
m	Masa roca	21.009,17	kg
P	Peso roca	205.889,91	N
N	Normal al plano deslizamiento	216,65	kN
Fr	Fuerza de rozamiento	178,04	kN
q	Carga de estabilización normal al plano de deslizamiento	38,61	kN
C	Factor de cuña	2,00	
FS	Factor de seguridad al deslizamiento	1,20	
qfs	Carga de estabilización para el FS considerado	46,33	kN
α_N	Angulo de la fuerza estabilizadora respecto a la horizontal	28,00	grados
qn	Carga nominal de estabilización	11,58	kN/m ²

1.2 DESLIZAMIENTO PLANO DE BLOQUES

El cálculo de la presión estabilizadora necesaria en taludes de roca a partir de hipótesis de deslizamiento plano se ha realizado mediante el software Plane Failure Analysis Module 2.0; que trabaja con una modificación del método de análisis en rotura planar descrito por Hoek and Bray (1981). El software ha sido desarrollado por E. Bane Kroeger, Ph.D., P.E., del Department of Mining & Geological Engineering University of Alaska Fairbanks.



Se han analizado dos supuestos a partir de las superficies de rotura más desfavorables tanto circulares como no circulares determinadas por el Método de Bishop mediante el Software Slide. A partir de esas superficies se ha modelizado un bloque equivalente sobre el que se ha realizado el cálculo de estabilidad y de presión de estabilización necesaria para conseguir el FS considerado.

En la siguiente página se representan los datos de cálculo en cada caso de estudio.

Análisis de deslizamiento plano

SUPUESTO	PK 0+075 Colada superior	PK 0+125 Colada superior
LITOLOGÍA	Basalto masivo	Basalto masivo
ALTURA DE TALUD (m)	4,0	1,68
ÁNGULO DE LA CARA DEL TALUD (°)	90	90
ÁNGULO DE LA LADERA POR ENCIMA DE LA CABEZA DEL TALUD (°)	15	26
COHESIÓN (kN/m ²)	0	0
ÁNGULO DE FICCIÓN DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO (°)	38	38
ÁNGULO DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO (°)	48	49
DENSIDAD DE LA ROCA (kN/m ³)	27	27
DENSIDAD DEL AGUA (kN/m ³)	10	10
DISTANCIA DE LA CORONACIÓN A LA GRIETA DE TRACCIÓN (m)	2,55	1,53
PRESIÓN DE AGUA EN LA GRIETA	Seco	Seco
ACELARACIÓN DEL SISMO HORIZONTAL (ah/g)	0,0416	0,0416
FS AL DESLIZAMIENTO	1.3	1.3
ÁNGULO DE LA FUERZA ESTABILIZADORA RESPECTO A LA NORMAL AL PLANO DE DESLIZAMIENTO (°)	28	26
FUERZA ESTABILIZADORA POR ml DE TALUD (kN/m)	58	6,7
FUERZA ESTABILIZADORA (kN/m²)	14,5	3,99

1.3 CÁLCULO DE MALLAS DE GUIADO

El cálculo de las mallas de guiado se ha realizado mediante el software MACRO 2 Drapery System de la empresa MACCAFERRI. Mediante este procedimiento de cálculo se dimensionan la malla, cable y anclajes de cabecera; en función de la altura de talud y la cantidad de material acumulado en el pie de la malla, y aplicando los coeficientes de seguridad para cada una de las variables que define el proyectista.

Los resultados de los cálculos se exponen a continuación:

Client: **AYTO. GÜÍMAR / PK 0+105**

pag. 1 of 2

Project Information

Title: TALUDES S LUCÍA	Description:
Number: PK 0+105	
Client: AYTO. GÜÍMAR	
Designer:	

Input

Rock Slope

Slope inclination [°]	B	45
Slope total height [m]	Hs	8.00
Debris accumulation height [m]	Hd	0.80
Debris accumulation width [m]	Td	0.80
Debris accumulation angle [°]	Bd	27.90
Debris friction angle [°]		20.00
Debris unit weight [kN/m³]		20.00
Friction angle between mesh and slope [°]		18.00

Snow

Snow unit weight [kN/m³]	4
Snow thickness [m]	0

Mesh

Mesh type	DT 8X10 Ø 2.7
Tensile resistance [kN/m]	55.00
Steel mesh unit weight [Kg/m²]	1.52

Crest Rope + Crest Anchorages

Layout of crest rope installation

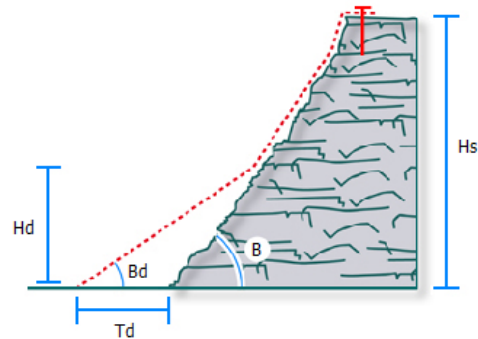
Horizontal anchor spacing [m]	3.00
Vertical offset between crest anchors [m]	0.00

Crest Rope Specification

Rope diameter [mm]	16
Rope steel grade [MPa]	1770
Rope core type	Steel
Rope ultimate tensile strength [kN]	161

Crest Anchor Specification

Bar type	B450C
Anchor internal diameter (where hollow) [mm]	0
Anchor external diameter [mm]	16
Thickness of corrosion crown [mm]	0
Anchor yield stress (of steel) [MPa]	450
Rock-grout adhesion (bond stress) [MPa]	0.50



Safety Coefficients

Rock Slope

Safety coefficient for variable loads (snow or debris)	1.50
Safety coefficient for permanent loads	1.00

Mesh

Safety reduction for mesh resistance	1.50
--------------------------------------	------

Geometry of the top longitudinal cable

Safety reduction on X spacing	1.10
Safety reduction on Y vertical gradient	1.05

Cable type

Safety reduction for cable resistance	2.00
---------------------------------------	------

Anchor type

Coefficient for the steel bar yield stress	1.16
Coefficient for rock-grout adhesion (bond stress)	2.00

* Results

Mesh capacity check

8.34 Satisfied

Crest Rope check

4.42 Satisfied

Intermediate anchor check

4.55 Satisfied

Lateral anchor check

2.47 Satisfied

Mesh design

Design total stress [kN/m]	4.40
Admissible tensile resistance [kN/m]	36.67
Ratio strength stress	8.34
Debris total load [kN/m]	2.88
Snow total load [kN/m]	0.00
Mesh total load [kN/m]	0.08
Resultant stress on the drapery [kN/m]	2.96
Mesh maximum debris weight [kN/m]	171.33

Cable design

Maximum tensile force in the cable [kN]	18.20
Cable working load (nominal) [kN]	80.50
Cable load force ratio	4.42
Maximum force on the intermediate anchorages [kN]	9.89
Maximum force on the lateral anchorages [kN]	18.20
Maximum admitted distance between anchorages [m]	3.30
Length of the rope (total) between anchorages [m]	3.34
Maximum sag between adjacent anchorages [m]	0.23
Cable maximum debris weight [kN/m]	90.86

Top anchorages

Intermediate anchorages design

Maximum force on the intermediate anchorages [kN]	9.89
Working shear resistance [kN]	45.03
Shear resistance ratio	4.55

Lateral anchorages design

Maximum force on the lateral anchorages [kN]	18.20
Working shear resistance [kN]	45.03
Shear resistance ratio	2.47

Working section of steel [mm ²]	201.06
Working tensile resistance of the anchorages [kN]	78.00
Minimum required tensile strength of cable anchors [kN]	18.20
Minimum drilling diameter [mm]	40.00
Minimum total bar length [m]	0.58

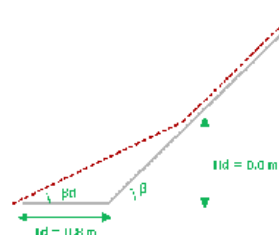
Anchor maximum debris weight [kN/m]	50.79
-------------------------------------	-------

Maximum admissible debris load

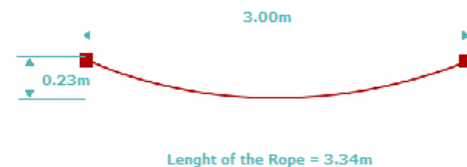
Maximum admissible debris load [kN/m]	50.79
Maximum admissible debris volume [m ³]	2.54

Geometry

Rock Slope | Mesh



Top Cable + Top Anchorages



2 CÁLCULO DE ANCLAJES

A partir de los datos obtenidos mediante el cálculo de la presión estabilizadora en taludes de roca, se han propuesto tres sistemas de estabilización in situ mediante mallas y anclajes, cuyas características generales son las siguientes:

SISTEMA	PATRÓN DE ANCLAJES	Nº ANCLAJES / m ²	SOPORTE PARA UN FS 1,67 (kN/m ²)
TTA	3 x 4	1/12	1,2
RC-10	4 x 4	1/16	10
RC-15	3 x 3	1/9	15

Se han calculado los anclajes de los sistemas conforme a la metodología propuesta en la *Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera* de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. El cálculo se ha hecho para anclajes tipo Gewi o similar, cuyas características se recogen en la siguiente Tabla:

	Tipo de barra	Diámetro nominal [mm]	Calidad del acero f_y/f_t [N/mm ²]	Diámetro max. sobre corruga [mm]	Sección A [mm ²]	Carga límite elástico F_y [kN]	Carga límite de rotura F_t [kN]
•	Barra GEWI® con rosca a izquierdas	16	500/550	18	201	101	111
		20	500/550	23	314	157	173
		25	500/550	28	491	246	270
		28	500/550	32	616	308	339
		32	500/550	36	804	402	442
•	Barra GEWI® con rosca a derechas	16	450/700	18	207	93	145
•	Barra de postensado con rosca a derechas	26.5	950/1050	31	552	523	578
		32	950/1050	36	804	764	844
		15	900/1100WR	18	177	159	195

Como diámetro de perforación se adoptan diámetros estándar de los recomendados por el fabricante que vienen indicados en la siguiente Tabla:

Diámetro de la perforación [mm]	Número de referencia DSI	para los diámetros de barras [mm]	tipo de roca	longitud del cono [mm]
33/37	2128	15F, 16T	dura	35
34/38	2184	15F, 16W	potasio	65
34/38	2185	16W	dureza media	50
34/38	2135	15F, 16T	dura	35
39/46	2117	15F, 16T, 20T	dura	50
43/48	2136	15F, 16T, 20T	dura	47
50/58	2137	15F, 16T, 20T, 25T, 26WR, 28T	dura	50 (58)
59/64	2221	25T, 26WR, 28T, 32T	dura	65

Ø BARRA (mm)	Ø PERFORACIÓN
16	45
32	70

El resumen de los cálculos de los anclajes para cada sistema según la tipología del terreno se muestra en la siguiente tabla. En las páginas siguientes se detallan los cálculos.

SISTEMA	LONG. TOTAL DEL ANCLAJE (m)	Tipo de terreno	Espesor de la capa a estabilizar (m)	Longitud de cálculo del bulbo (m)	Diámetro de la barra (Tipo GEWI) (mm)	Calidad Acero (N/mm ²)	Fyk	Diámetro de perforación (mm)
TTA	1	Basalto Escoriáceo	0,15	0,75	16	500		40
RC-15	4	Basalto Escoriáceo	1,50	2,50	32	500		70
RC-10	4	Basalto Escoriáceo	1,00	3,00	32	500		70

CÁLCULO DE ANCLAJES (BARRA TIPO GEWI)		
DATOS DE ENTRADA		ZONA / SISTEMA
		TTA
Presión de estabilización sobre el terreno		1,20 kN/m ²
Factor de seguridad del proyecto (FS)		1,50
Patrón separación Sx		4,00 m
Patrón separación Sy		3,00 m
Cuadrícula		12,00 m ²
Diámetro de la barra		16,00 mm
Límite de rotura del acero del tirante (Fpk)		550,00 N/mm ²
Límite elástico del acero del tirante (Fyk)		500,00 N/mm ²
Diámetro de perforación		35,00 mm
Carga límite de rotura (Fpk)		110,58 kN
Carga límite elástico (Fyk)		100,53 kN
MAYORACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES		
Carga nominal del anclaje	P _N	14,40 kN
Presión estabilización * cuadrícula		
Coefficiente de mayoración del anclaje	F ₁	1,50
F ₁ =1,5 permanentes; 1,2 provisionales		
Poner valor máx entre F ₁ y FS		
Carga nominal mayorada del anclaje	P _{ND}	21,60 kN
P _{ND} = F ₁ · P _N		
COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO		
AT = sección del tirante		201,06 mm ²
Deben cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones:		
En anclajes provisionales : P _{ND} / AT ≤ f _{pk} / 1,25 P _{ND} / AT ≤ f _{yk} / 1,10	P _{ND} / AT	f _{pk} / 1,25
	107,43	440,00
	P _{ND} / AT	f _{yk} / 1,10
	107,43	454,55
CUMPLE PARA ANCLAJES PROVISIONALES		
Deben cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones:		
En anclajes permanentes : P _{ND} / AT ≤ f _{pk} / 1,30 P _{ND} / AT ≤ f _{yk} / 1,15	P _{ND} / AT	f _{pk} / 1,30
	107,43	423,08
	P _{ND} / AT	f _{yk} / 1,15
	107,43	434,78
CUMPLE PARA ANCLAJES PERMANENTES		

COMPROBACIÓN DEL ARRANCAMIENTO DEL BULBO						
Se comprobará:	$PNd / (\pi \cdot Dn \cdot Lb) \leq a_{adm}$	<table><tr><th>$PNd / (\pi \cdot Dn \cdot Lb)$</th><th>$a_{adm}$</th></tr><tr><td>0,26</td><td>0,30</td></tr></table>	$PNd / (\pi \cdot Dn \cdot Lb)$	a_{adm}	0,26	0,30
$PNd / (\pi \cdot Dn \cdot Lb)$	a_{adm}					
0,26	0,30					
Dn = Diámetro nominal del bulbo (diámetro de perforación)		35,00 mm				
Lb = longitud de cálculo del bulbo (debe ser superior a la longitud mínima)		0,75 m				
a_{adm} = adherencia admisible (a_{lim}/F_{ad})		0,30 Mpa				
a_{lim} = adherencia límite de la roca (ver tablas)		0,50 Mpa				
F_{ad} = factor de minoración (1,45 provisional, 1,65 permanente)		1,65				
L_{BT} = longitud mínima del bulbo		0,65 m				
$L_{BT} = PNd / (\pi \cdot Dn \cdot a_{adm})$						
CUMPLE LA NORMA						

COMPROBACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL TIRANTE EN LA LECHADA, DENTRO DEL BULBO						
Se deberá verificar:	$PNd / (Lb \cdot pT) \leq \tau_{lim} / 1,2$	<table><tr><th>$PNd / (Lb \cdot pT)$</th><th>$\tau_{lim} / 1,2$</th></tr><tr><td>0,57</td><td>6,97</td></tr></table>	$PNd / (Lb \cdot pT)$	$\tau_{lim} / 1,2$	0,57	6,97
$PNd / (Lb \cdot pT)$	$\tau_{lim} / 1,2$					
0,57	6,97					
Adherencia limite entre el tirante y la lechada $\tau_{lim} = 6,9 (fck/22,5)^{2/3}$		8,36 Mpa				
pT = perímetro nominal del tirante		50,27 mm				
Lb = longitud de cálculo del bulbo		0,75 m				
fck = resistencia característica (rotura a compresión a 28 días) de la lechada*		30,00 Mpa				
CUMPLE LA NORMA						

*Art 35.4.2.2 EHE-08 Requisitos de los productos de inyección. La resistencia a compresión debe ser mayor o igual que 30 N/mm² a los 28 días

LONGITUD DEL ANCLAJE Y RESUMEN DE PARÁMETROS		
La longitud total del anclaje viene dada por la siguiente expresión:	$L_A = L_b + H$	0,90 m
H = espesor de la capa a estabilizar		0,15 m
L_b = longitud de cálculo del bulbo		0,75 m
Diámetro de la barra (Tipo GEWI)		16,00 mm
Diámetro de perforación		35,00 mm

CÁLCULO DE ANCLAJES (BARRA TIPO GEWI)

DATOS DE ENTRADA

ZONA / SISTEMA

RC10

Presión de estabilización sobre el terreno	10,00 kN/m ²
Factor de seguridad del proyecto (FS)	1,67
Patrón separación Sx	4,00 m
Patrón separación Sy	4,00 m
Cuadrícula	16,00 m ²
Diámetro de la barra	32,00 mm
Límite de rotura del acero del tirante (Fpk)	550,00 N/mm ²
Límite elástico del acero del tirante (Fyk)	500,00 N/mm ²
Diámetro de perforación	70,00 mm

MAYORACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES

Carga nominal del anclaje	P _N	160,00 kN
Presión estabilización * cuadrícula		
Coefficiente de mayoración del anclaje	F ₁	1,67
F ₁ =1,5 permanentes; 1,2 provisionales Poner valor máx entre F ₁ y FS		
Carga nominal mayorada del anclaje	P _{ND}	267,20 kN
$P_{ND} = F_1 \cdot P_N$		

COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

AT = sección del tirante	804,25 mm ²	
Deben cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones: En anclajes provisionales : $P_{Nd} / AT \leq f_{pk} / 1,25$ $P_{Nd} / AT \leq f_{yk} / 1,10$	P _{Nd} / AT	f _{pk} / 1,25
	332,24	440,00
	P _{Nd} / AT	f _{yk} / 1,10
	332,24	454,55

CUMPLE PARA ANCLAJES PROVISIONALES

Deben cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones: En anclajes permanentes : $P_{Nd} / AT \leq f_{pk} / 1,30$ $P_{Nd} / AT \leq f_{yk} / 1,15$	P _{Nd} / AT	f _{pk} / 1,30
	332,24	423,08
	P _{Nd} / AT	f _{yk} / 1,15
	332,24	434,78

CUMPLE PARA ANCLAJES PERMANENTES

COMPROBACIÓN DEL ARRANCAMIENTO DEL BULBO

Se comprobará:

$$P_{Nd} / (\pi \cdot D_n \cdot L_b) \leq a_{adm}$$

$P_{Nd} / (\pi \cdot D_n \cdot L_b)$	a_{adm}
0,41	0,42

D_n = Diámetro nominal del bulbo (diámetro de perforación)	70,00 mm
L_b = longitud de cálculo del bulbo (debe ser superior a la longitud mínima)	3,00 m
a_{adm} = adherencia admisible (a_{lim}/F_{ad})	0,42 Mpa
a_{lim} = adherencia límite de la roca (ver tablas)	0,70 Mpa
F_{ad} = factor de minoración (1,45 provisional, 1,65 permanente)	1,65
L_{BT} = longitud mínima del bulbo	2,86 m
$L_{BT} = P_{Nd} / (\pi \cdot D_n \cdot a_{adm})$	

CUMPLE LA NORMA

COMPROBACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL TIRANTE EN LA LECHADA, DENTRO DEL BULBO

Se deberá verificar:

$$P_{Nd} / (L_b \cdot p_T) \leq \tau_{lim} / 1,2$$

$P_{Nd} / (L_b \cdot p_T)$	$\tau_{lim} / 1,2$
0,89	3,35

Adherencia límite entre el tirante y la lechada $\tau_{lim} = 6,9 (f_{ck}/22,5)^{2/3}$	4,02 Mpa
p_T = perímetro nominal del tirante	100,53 mm
L_b = longitud de cálculo del bulbo	3,00 m
f_{ck} = resistencia característica (rotura a compresión a 28 días) de la lechada*	10,00 Mpa

CUMPLE LA NORMA

*Art 35.4.2.2 EHE-08 Requisitos de los productos de inyección. La resistencia a compresión debe ser mayor o igual que 30 N/mm² a los 28 días

LONGITUD DEL ANCLAJE Y RESUMEN DE PARÁMETROS

La longitud total del anclaje viene dada por la siguiente expresión:

$$L_A = L_b + H$$

4,00 m

H = espesor de la capa a estabilizar	1,00 m
L_b = longitud de cálculo del bulbo	3,00 m
Diámetro de la barra (Tipo GEWI)	32,00 mm
Diámetro de perforación	70,00 mm

CÁLCULO DE ANCLAJES (BARRA TIPO GEWI)

DATOS DE ENTRADA

ZONA / SISTEMA

RC15

Presión de estabilización sobre el terreno	15,00 kN/m ²
Factor de seguridad del proyecto (FS)	1,67
Patrón separación Sx	3,00 m
Patrón separación Sy	3,00 m
Cuadrícula	9,00 m ²
Diámetro de la barra	32,00 mm
Límite de rotura del acero del tirante (Fpk)	550,00 N/mm ²
Límite elástico del acero del tirante (Fyk)	500,00 N/mm ²
Diámetro de perforación	70,00 mm

MAYORACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES

Carga nominal del anclaje	P _N	135,00 kN
Presión estabilización * cuadrícula		
Coefficiente de mayoración del anclaje	F ₁	1,67
F ₁ =1,5 permanentes; 1,2 provisionales Poner valor máx entre F ₁ y FS		
Carga nominal mayorada del anclaje	P _{ND}	225,45 kN
$P_{ND} = F_1 \cdot P_N$		

COMPROBACIÓN DE LA TENSIÓN ADMISIBLE DEL ACERO

AT = sección del tirante	804,25 mm ²
--------------------------	------------------------

Deben cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones: En anclajes provisionales : $P_{Nd} / AT \leq f_{pk} / 1,25$ $P_{Nd} / AT \leq f_{yk} / 1,10$	P _{Nd} / AT	f _{pk} / 1,25
	280,32	440,00
	P _{Nd} / AT	f _{yk} / 1,10
	280,32	454,55

CUMPLE PARA ANCLAJES PROVISIONALES

Deben cumplirse simultáneamente las siguientes condiciones: En anclajes permanentes : $P_{Nd} / AT \leq f_{pk} / 1,30$ $P_{Nd} / AT \leq f_{yk} / 1,15$	P _{Nd} / AT	f _{pk} / 1,30
	280,32	423,08
	P _{Nd} / AT	f _{yk} / 1,15
	280,32	434,78

CUMPLE PARA ANCLAJES PERMANENTES

COMPROBACIÓN DEL ARRANCAMIENTO DEL BULBO

Se comprobará:

$$P_{Nd} / (\pi \cdot D_n \cdot L_b) \leq a_{adm}$$

$P_{Nd} / (\pi \cdot D_n \cdot L_b)$	a_{adm}
0,41	0,42

D_n = Diámetro nominal del bulbo (diámetro de perforación)	70,00 mm
L_b = longitud de cálculo del bulbo (debe ser superior a la longitud mínima)	2,50 m
a_{adm} = adherencia admisible (a_{lim}/F_{ad})	0,42 Mpa
a_{lim} = adherencia límite de la roca (ver tablas)	0,70 Mpa
F_{ad} = factor de minoración (1,45 provisional, 1,65 permanente)	1,65
L_{BT} = longitud mínima del bulbo	2,42 m
$L_{BT} = P_{Nd} / (\pi \cdot D_n \cdot a_{adm})$	

CUMPLE LA NORMA

COMPROBACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL TIRANTE EN LA LECHADA, DENTRO DEL BULBO

Se deberá verificar:

$$P_{Nd} / (L_b \cdot p_T) \leq \tau_{lim} / 1,2$$

$P_{Nd} / (L_b \cdot p_T)$	$\tau_{lim} / 1,2$
0,90	3,35

Adherencia límite entre el tirante y la lechada $\tau_{lim} = 6,9 (f_{ck}/22,5)^{2/3}$	4,02 Mpa
p_T = perímetro nominal del tirante	100,53 mm
L_b = longitud de cálculo del bulbo	2,50 m
f_{ck} = resistencia característica (rotura a compresión a 28 días) de la lechada*	10,00 Mpa

CUMPLE LA NORMA

*Art 35.4.2.2 EHE-08 Requisitos de los productos de inyección. La resistencia a compresión debe ser mayor o igual que 30 N/mm² a los 28 días

LONGITUD DEL ANCLAJE Y RESUMEN DE PARÁMETROS

La longitud total del anclaje viene dada por la siguiente expresión:

$$L_A = L_b + H$$

4,00 m

H = espesor de la capa a estabilizar	1,50 m
L_b = longitud de cálculo del bulbo	2,50 m
Diámetro de la barra (Tipo GEWI)	32,00 mm
Diámetro de perforación	70,00 mm