

Anejo n.º 6. Túneles.



**HOJA DE CONTROL.**

<i>Proyecto</i>	<b>PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y REFUERZO DE TÚNELES DE IRAETA Y ARROA DEL FERROCARRIL DEL UROLA</b>			<i>Nº Proyecto:</i>	<b>22044</b>
<i>Documento</i>	<b>Anejo n.º 6. Túneles.</b>			<i>Referencia:</i>	<b>22044-AN06_tuneles_01_v00</b>
<i>Versión</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fichero</i>	22044_AN_06_tunel_01_v00.docx		
<b>Versión 0</b>	<b>20/09/2023</b>	<i>Descripción</i>	Cálculos túneles.		
			<i>Preparado</i>	<i>Revisado</i>	<i>Aprobado</i>
		<i>Nombre</i>	<b>Adrián Fernández. Team Ingeniería</b>	<b>Mª Luisa Uriel Torre Team Ingeniería</b>	<b>Mª Luisa Uriel Torre Team Ingeniería</b>



Índice.

<b>1. OBJETO DEL ANEJO.</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CÁLCULO DE PANTALLAS EN EMBOQUILLES</b> .....	<b>1</b>
2.1. NORMATIVA APLICADA. ....	1
2.2. MATERIALES EMPLEADOS. ....	1
2.3. PROGRAMAS EMPLEADOS. ....	1
2.4. VALORES DE CÁLCULO DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS. ....	1
2.5. ACCIONES CONSIDERADAS. ....	1
2.7. COMBINACIÓN DE ACCIONES. ....	3
2.8. PANTALLA DE MICROPILOTES BOCA NORTE DE TÚNEL DE ARROA. ....	5
2.9. PANTALLA DE MICROPILOTES BOCA SUR DE TÚNEL DE ARROA. ....	9
<b>4. REFUERZO DE TÚNEL EN MINA</b> .....	<b>12</b>
4.1. Objeto y metodología .....	12
4.2. Descripción de la estructura .....	12
4.3. Parámetros de deformacionales y resistentes considerados .....	13
4.4. Descripción de los cálculos realizados para el modelo .....	14
4.5. Cálculos tensodeformacionales .....	18
4.6. Resultados tensodeformacionales de las fases.....	19
4.7. Resumen .....	26
<b>5. PROTOCOLO PARA EL SEGUIMIENTO Y AUSCULTACIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>27</b>
5.1. Objeto y antecedentes.....	27
5.2. Secciones de convergencia .....	27
5.3. Hitos topográficos.....	29
5.4. Unidades de obra y mediciones.....	32

Índice de tablas.

Tabla 1. Valores de cálculo de parámetros geotécnicos
Tabla 2. Definición de micropilotes.
Tabla 3. Definición de nivel de arriostamiento definitivo.
Tabla 4. Definición de nivel de arriostamiento provisionales.
Tabla 5. Arroa. Boca norte. Comprobación ELU flexión. Pantalla Arroa.
Tabla 6. Arroa. Boca sur. Definición de micropilotes.
Tabla 7. Arroa. Boca sur. Definición de nivel de arriostamiento definitivo.
Tabla 8. Comprobación ELU flexión. Pantalla Arroa.
Tabla 9. Caracterización geotécnica macizo rocoso
Tabla 10. Caracterización Relleno trasdós mampostería
Tabla 11. Caracterización Mampostería
Tabla 12. Caracterización geotécnica macizo rocoso

Tabla 13. Caracterización Relleno trasdós mampostería

Tabla 14. Caracterización Mampostería

Tabla 15. Características del hormigón

Tabla 16. Características de la cercha, HEB-140

Figura 17. Deterioro de las propiedades del macizo rocoso (Pa)

Figura 18. Deterioro de las propiedades del macizo rocoso (N)

Figura 19. Nueva estructura de refuerzo

Figura 20. Desplazamiento horizontal, eje X (m)

**Figura 21. Desplazamiento vertical, eje Z (m)**

Figura 22. Esfuerzos máximos de la mampostería,  $S_{max}$  (Pa)

Figura 23. Esfuerzos mínimos de la mampostería,  $S_{min}$  (Pa)

Figura 24. Desplazamiento horizontal, eje X (m)

Figura 25. Desplazamiento vertical, eje Z (m)

Figura 26. Esfuerzos máximos de la mampostería,  $S_{max}$  (Pa)

Figura 27. Esfuerzos mínimos de la mampostería,  $S_{min}$  (Pa)

Figura 28. Desplazamiento horizontal, eje X (m)

Figura 29. Desplazamiento vertical, eje Z (m)

Figura 30. Esfuerzos máximos de la estructura de refuerzo,  $S_{max}$  (Pa)

**Figura 31. Esfuerzos mínimos de la estructura de refuerzo,  $S_{min}$  (Pa)**

Figura 32. Factor de seguridad

Figura 33. Tensión axil de las cerchas (Pa)

Tabla 34. Periodicidad en la toma de lecturas.

Tabla 35. Nivel de riesgo y recomendaciones de actuación.

Tabla 36. Determinación de umbrales.

Tabla 37. Periodicidad en la toma de lecturas.

Tabla 38. Protocolo de actuación en cada umbral.

Tabla 39. Frecuencia de lecturas al superarse los umbrales de control.

Tabla 40. Protocolo de aviso a responsables técnicos de la obra al superarse los umbrales de control (Plan de Auscultación).

### Índice de figuras.

Figura 1. Mapa sísmico de la norma sismorresistente NCSE-02

Figura 2. Arroa. Boca norte. Sección tipo de estructura.

Figura 3. Arroa. Boca norte. Fase de inicio.

Figura 4. Arroa. Boca norte. Fase final de excavación.

Figura 5. Arroa. Boca norte. Fase final.

Figura 6. Arroa. Boca norte. Desplazamientos máximos.

Figura 7. Arroa. Boca norte. Ley de momento flector.

Figura 8. Arroa. Boca sur. Sección tipo de estructura.

Figura 9. Arroa. Boca sur. Fase de inicio

Figura 10. Fase final.

Figura 11. Arroa. Boca Sur. Desplazamientos máximos.

Figura 12. Arroa. Boca sur. Ley de momento flector.

Figura 13. Sección sostenimiento

Figura 14. Detalle de sostenimiento tipo III.

Figura 15. Estructura de refuerzo sección ejecutada

#### **Anexos.**

**ANEXO N.º 1 Pantalla de micropilotes boca norte túnel de Arroa**

**ANEXO N.º 2 Pantalla micropilotes en boca sur de Arroa.**



## 1. OBJETO DEL ANEJO.

El objeto del presente anejo es el dimensionamiento de las estructuras diseñadas en el presente proyecto, así como la auscultación planteada, agrupándose según el siguiente:

- Cálculo de pantallas en emboquilles.
- Refuerzo de túnel en mina.
- Protocolo para el seguimiento y auscultación de los trabajos

## 2. CÁLCULO DE PANTALLAS EN EMBOQUILLES

### 2.1. NORMATIVA APLICADA.

[01] Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera.

[02] Código estructural.

### 2.2. MATERIALES EMPLEADOS.

Hormigón armado.	HA-30/B/20/XC2+XA1	fck = 30 MPa
Acero en armaduras pasivas	B 500 SD	fyk = 550 MPa
Micropilotes	Lechada	fck = 30 MPa
	Armadura tubular N80	fy = 550 MPa

### 2.3. PROGRAMAS EMPLEADOS.

[03] Cype 2022. Muros pantalla.

[04] Hojas de cálculo de elaboración propia.

### 2.4. VALORES DE CÁLCULO DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.

De acuerdo con los valores del anejo n.º 4. Geología y geotecnia del presente proyecto, se adoptan los siguientes valores de cálculo para los parámetros geotécnicos.

Los valores de módulo de balasto horizontal se obtienen mediante la formulación de J.A. AGUDELO ZAPATA:

$$Kh(t/m^3) = (112,91 \cdot C + 384,73) \cdot e^{(0,0004 \cdot C^2 - 0,0052 \cdot C + 0,0699) \cdot \phi}$$

*Ecuación 1. Obtención de módulo de balasto horizontal*

Nivel	Densidad aparente	Rozamiento interno	Cohesión efectiva	Módulo de balasto horizontal	Adherencia límite
Material desprendido	18 kN/m <sup>3</sup>	25°	0 kN/m <sup>2</sup>	0	---
Relleno terraplén	18 kN/m <sup>3</sup>	35°	15 kN/m <sup>2</sup>	20 Mn/m <sup>3</sup>	---
Relleno falso túnel	15 kN/m <sup>3</sup>	30°	0 kN/m <sup>2</sup>	20 MN/m <sup>3</sup>	---
Suelo eluvial-coluvial	19 kN/m <sup>3</sup>	25°	20 kN/m <sup>2</sup>	20 MN/M <sup>3</sup>	---
Margas y limotitas calcáreas	25 kN/m <sup>3</sup>	35°	200 kN/m <sup>2</sup>	250 MN/m <sup>3</sup>	1,5 MPa

*Tabla 1. Valores de cálculo de parámetros geotécnicos*

### 2.5. ACCIONES CONSIDERADAS.

#### 2.5.1. Acciones permanentes de valor constante.

- Peso propio.
- Cargas muertas.

#### 2.5.2. Acciones permanentes de valor no constante.

- Acciones del terreno.

En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno natural o relleno.

No se incluye en esta acción la posible presencia de sobrecargas de uso, actuando en la coronación de los terraplenes, que ocasionan un incremento de los pesos y empujes transmitidos por el terreno al elemento portante, que se considera como acción variable.

El valor de esta acción se obtiene a partir de las siguientes características del terreno con los valores considerados en el apartado 5 del presente anejo.

- Densidad aparente.
- Rozamiento interno.
- Cohesión efectiva.
- Módulo de balasto horizontal.

2.5.3. Acciones variables.

➤ Sobrecarga de uso.

- Sobrecarga de uso en terraplenes adyacentes a la estructura.

Se ha considerado una sobrecarga uniforme de valor 10 kN/m<sup>2</sup>.

2.5.4. Acciones accidentales.

➤ Acciones sísmicas.

Se aplica la norma de construcción Sismorresistente, que tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica.

Esta norma es de obligada aplicación excepto en los siguientes casos:

- En construcciones de moderada importancia.
- En construcciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0,04 g la aceleración de la gravedad.

Las estructuras objeto del proyecto se encuentran encuadradas dentro del grupo “Construcciones de especial importancia”, por tratarse de infraestructuras básicas y principales vías de comunicación de población.

De acuerdo con el mapa sísmico el emplazamiento de las obras (que se adjunta en la siguiente imagen), corresponde a una zona con  $a_b = 0,04$  g.

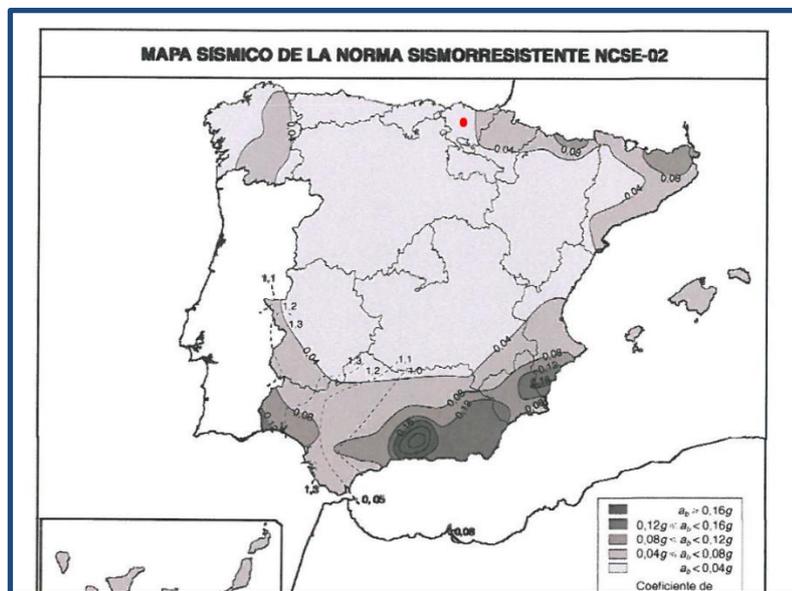


Figura 1. Mapa sísmico de la norma sismorresistente NCSE-02

Por tanto es de aplicación la acción sísmica.

## 2.7. COMBINACIÓN DE ACCIONES.

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente parcial de seguridad  $\gamma$  a los valores representativos de las acciones, que se indican a continuación.

- **Estados límites últimos (E.L.U)**

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias		Situaciones accidentales	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes (1), (2)		$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes	Reológicas	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
de valor no constante	Acciones del terreno	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 0,0$	$\gamma_Q = 1,0$
Acciones accidentales				$\gamma_A = 1,0$	$\gamma_A = 1,0$

- **Estados límites últimos (E.L.U)**

Concepto		Situaciones persistentes y transitorias	
		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Acciones permanentes		$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,0$
Acciones permanentes	Reológicas	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
de valor no constante	Acciones del terreno	$\gamma_{G^*} = 1,0$	$\gamma_{G^*} = 1,0$
Acciones variables		$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,0$

Las hipótesis de carga se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación puede ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación:

- **Estados límites últimos (E.L.U)**

Situaciones persistentes y transitorias.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{K,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

donde:

$G_{k,j}$  = valor representativo de cada acción permanente.

$G^*_{k,j}$  = valor representativo de cada acción permanente de valor no constante.

$Q_{k,1}$  = valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante.

$\psi_{Q,i} Q_{k,i}$  = valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.

Situaciones accidentales.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} \cdot G_{k,i}^* + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_A \cdot A_k$$

donde:

$G_{k,j}, G_{k,i}^*$  = valores representativos de las acciones permanentes.

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$  = valor frecuente de la acción variable dominante.

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$  = valores casi-permanentes de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental.

$A_k$  = valor característico de la acción accidental.

• **Estados límites servicio (E.L.S)**

Las combinaciones de las distintas acciones se harán con el siguiente criterio:

- Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{i \leq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente:

$$\sum_{i \leq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{i \leq 1} \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} \cdot G_{k,j}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

## 2.8. PANTALLA DE MICROPILOTES BOCA NORTE DE TÚNEL DE ARROA.

### 2.8.1. Descripción de la solución.

Se ejecuta una pantalla de micropilotes con separación de 0,50 m y altura máxima 20 metros, a ambos lados de los hastiales de la estructura existente. Para la ejecución de la excavación se ejecutarán anclajes activos provisionales. Posteriormente se ejecutarán vigas puntales y losa como arriostramientos definitivos. En la siguiente figura se indica la sección pésima.

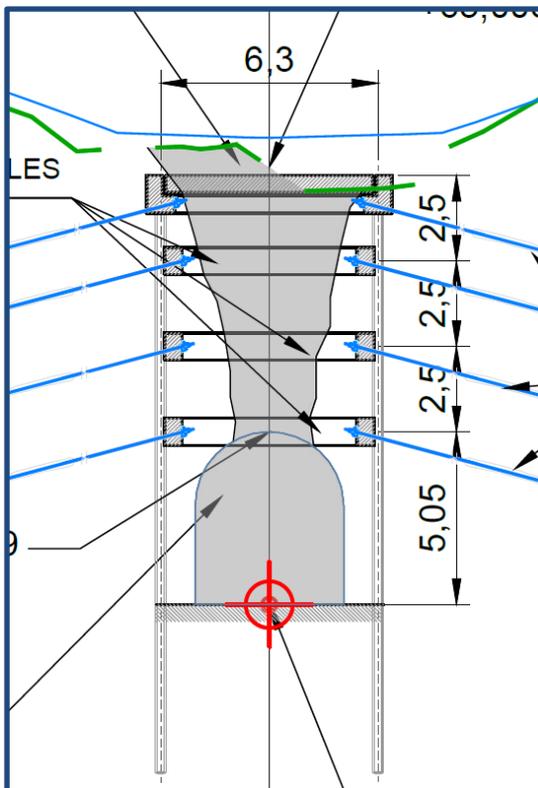


Figura 2. Arroa. Boca norte. Sección tipo de estructura.

La definición de los micropilotes figura en la siguiente tabla

Diámetro nominal	300 mm
Armadura tubular	224 mm x 12 mm
Resistencia característica de la lechada	25 MPa
Límite elástico de armadura tubular	550 MPa

Tabla 2. Definición de micropilotes.

La definición de los distintos niveles de arriostramiento definitivos y provisionales es la que se indica en las siguientes tablas:

Nivel	Cota	Elemento	separación
Nivel 1	0,00	Losa de HA canto 60 cm	----
Nivel 2	2,50	Puntales de HA b=1,0 m x h=0,6 m	3,00 m
Nivel 3	5,00	Puntales de HA b=1,0 m x h=0,6 m	3,00 m

Tabla 3. Definición de nivel de arriostramiento definitivo.

Nivel	Cota	Elemento	separación
Nivel 1	0,00	anclajes activos f 32 mm calidad diwidag o similar tesados a 25 ton	3,00 m
Nivel 2	2,50	anclajes activos f 32 mm calidad diwidag o similar tesados a 25 ton	3,00 m
Nivel 3	5,00	anclajes activos f 32 mm calidad diwidag o similar tesados a 25 ton	3,00 m

Tabla 4. Definición de nivel de arriostramiento provisionales.

2.8.2. Cálculo de la estructura.

El esquema de cálculo es el que se representa en la siguiente imagen:

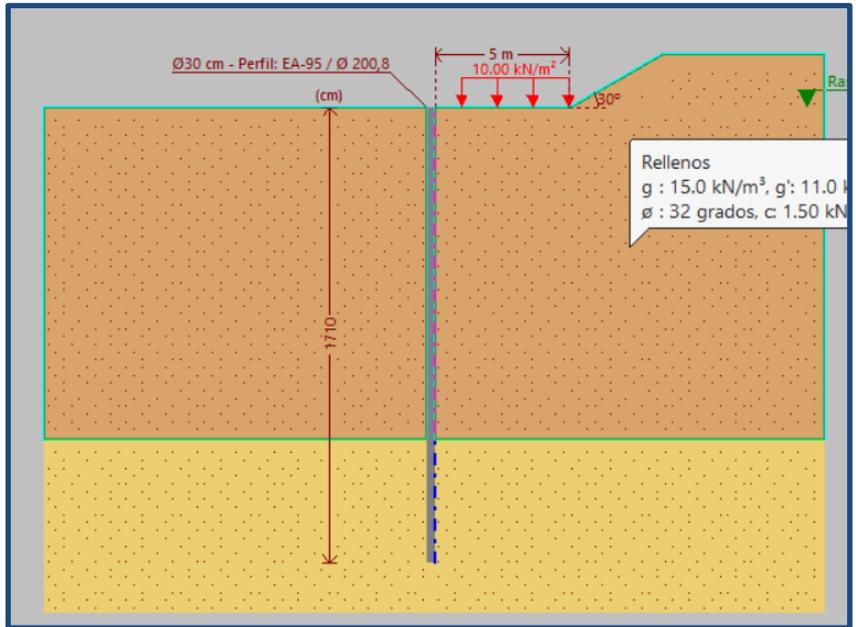


Figura 3. Arroa. Boca norte. Fase de inicio.

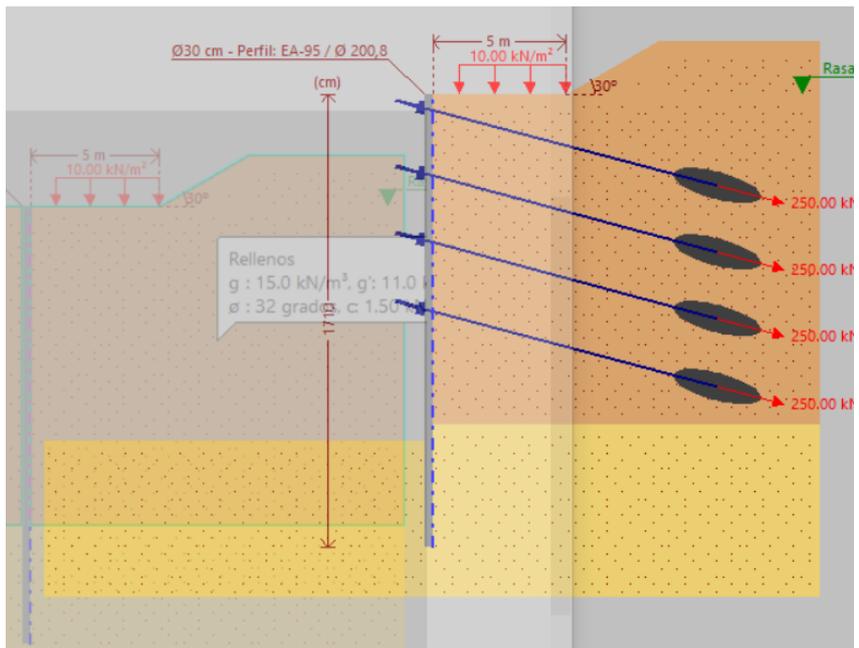


Figura 4. Arroa. Boca norte. Fase final de excavación.

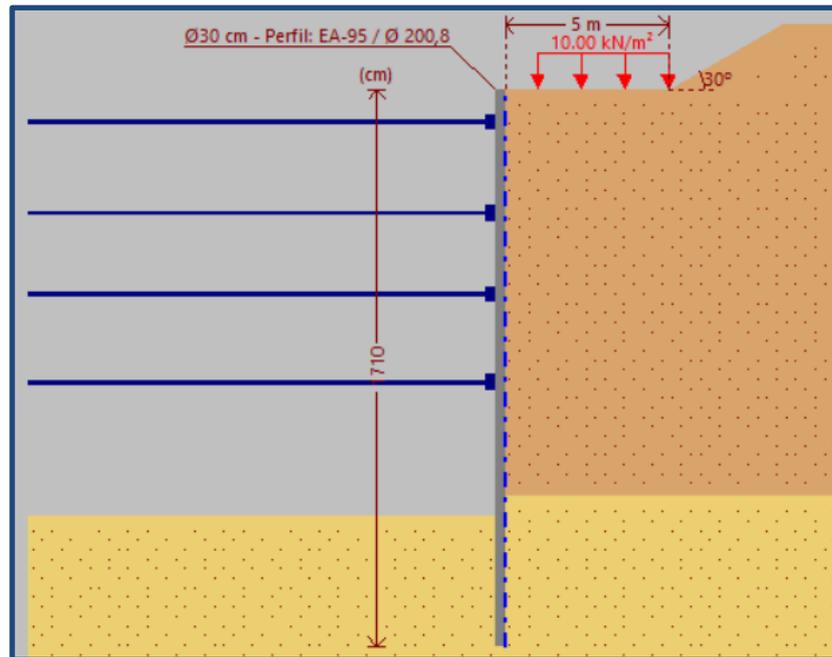


Figura 5. Arroa. Boca norte. Fase final.

Se establecen las siguientes fases en el cálculo:

- Fase 1. Estado inicial.
- Fase 2. Excavación arriostramiento provisional nivel 1.
- Fase 3. Arriostramiento nivel 1.
- Fase 4. Excavación nivel arriostramiento nivel 2.
- Fase 5. Excavación arriostramiento provisional nivel 2.
- Fase 6. Arriostramiento nivel 2.
- Fase 7. Excavación arriostramiento provisional nivel 3.
- Fase 8. Arriostramiento nivel 4.
- Fase 9. Excavación final.
- Fase 10. Retirada de arriostramiento provisional nivel 4.
- Fase 11. Arriostramiento definitivo nivel 4.
- Fase 12. Retirada de arriostramiento provisional nivel 3.
- Fase 13. Arriostramiento definitivo nivel 3.
- Fase 14. Retirada arriostramiento provisional nivel 2.
- Fase 15. Arriostramiento definitivo nivel 2.
- Fase 16. Retirada arriostramiento provisional nivel 1.
- Fase 17. Arriostramiento definitivo nivel 1.

Con ello se obtienen los resultados de cálculo (esfuerzos y desplazamientos) que se indican en la siguiente imagen:

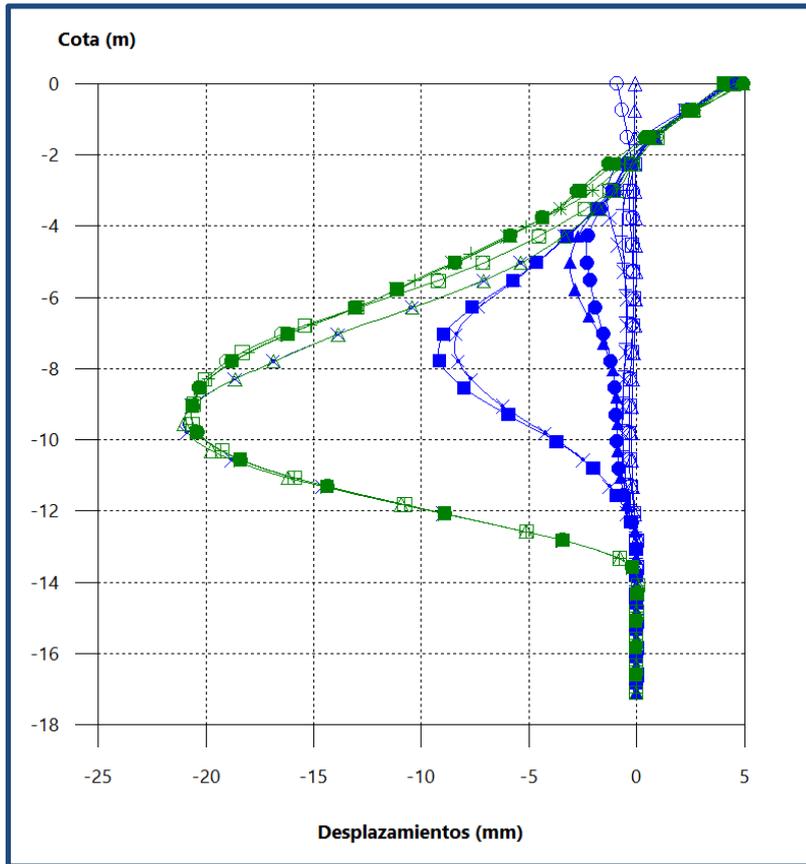


Figura 6. Arroa. Boca norte. Desplazamientos máximos.

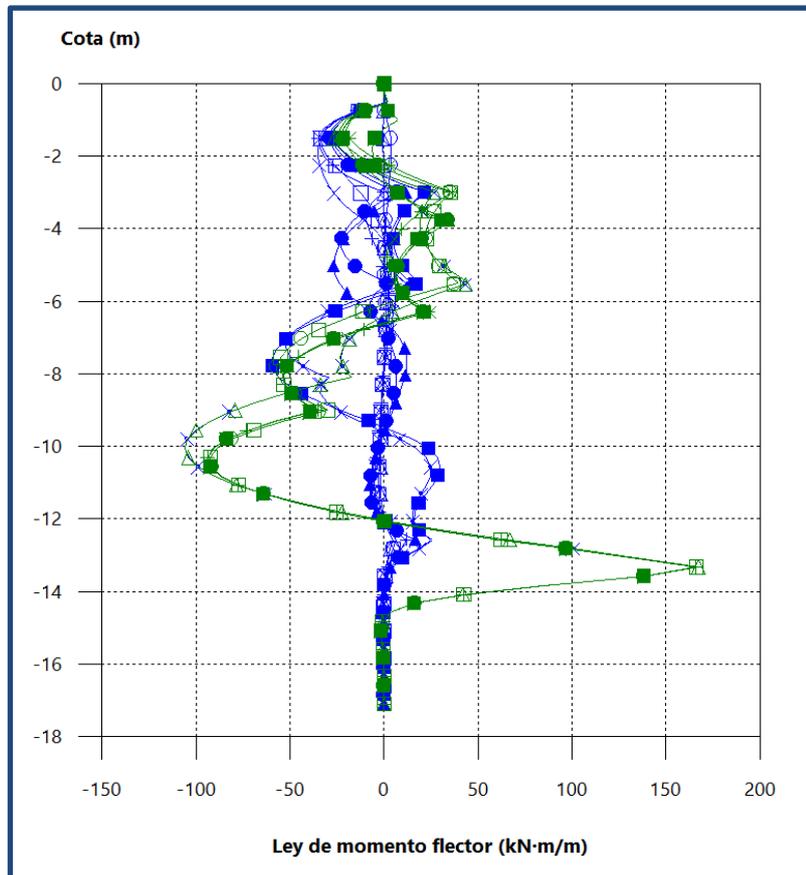


Figura 7. Arroa. Boca norte. Ley de momento flector.

El desplazamiento máximo de la pantalla es de 21 mm, valor admisible:

Los esfuerzos de diseño son inferiores a los resistentes de la estructura como queda indicado en la siguiente tabla:

Momento p.m.l.	Momento de diseño	Momento resistente
150 kN·m/m	89,21 kN·m	98,34 kN·m

Tabla 5. Arroa. Boca norte. Comprobación ELU flexión. Pantalla Arroa.

## 2.9. PANTALLA DE MICROPILOTES BOCA SUR DE TÚNEL DE ARROA.

### 2.9.1. Descripción de la solución.

Se ejecuta una pantalla de micropilotes con separación de 0,50 m y altura máxima 20 metros, a ambos lados de los hastiales de la estructura existente. Se ejecutarán vigas puntales y losa como arriostramientos definitivos. En la siguiente figura se indica la sección pésima.

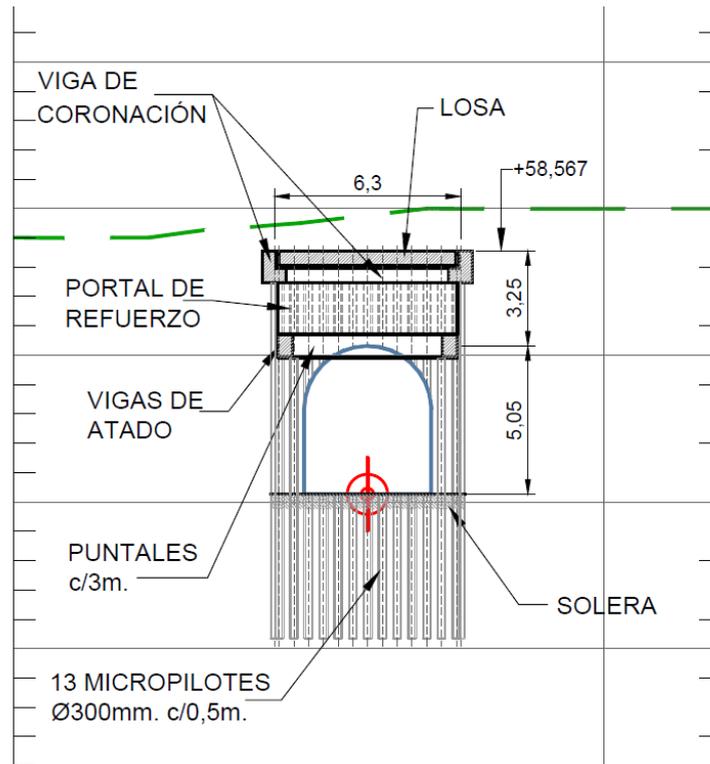


Figura 8. Arroa. Boca sur. Sección tipo de estructura.

La definición de los micropilotes figura en la siguiente tabla

Diámetro nominal	300 mm
Armadura tubular	224 mm x 12 mm
Resistencia característica de la lechada	25 MPa
Límite elástico de armadura tubular	550 MPa

Tabla 6. Arroa. Boca sur. Definición de micropilotes.

La definición de los distintos niveles de arriostramiento provisionales y definitivos es la que se indica en las siguientes tablas:

Nivel	Cota	Elemento	separación
Nivel 1	0,00	Losa de HA canto 60 cm	----
Nivel 2	3,25	Puntales de HA b=1,0 m x h=0,6 m	3,00 m

Tabla 7. Arroa. Boca sur. Definición de nivel de arriostramiento definitivo.

### 2.9.2. Cálculo de la estructura.

El esquema de cálculo es el que se representa en la siguiente imagen:

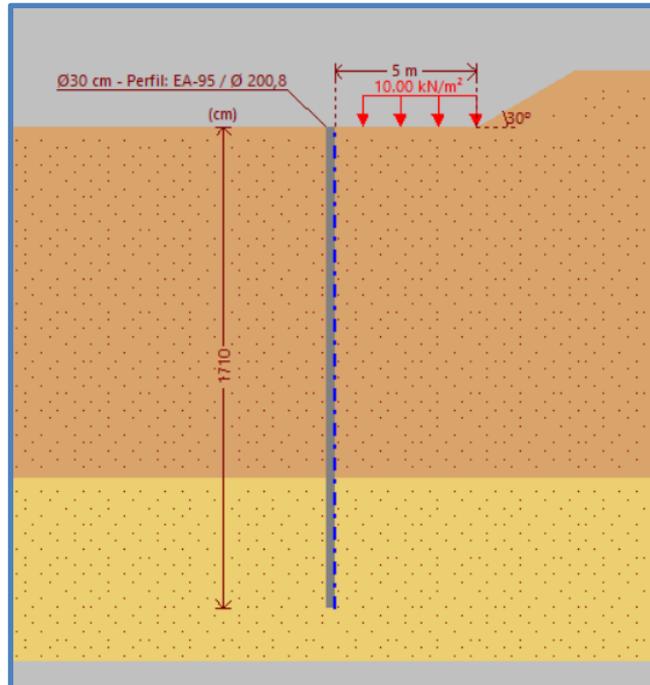


Figura 9. Arroa. Boca sur. Fase de inicio

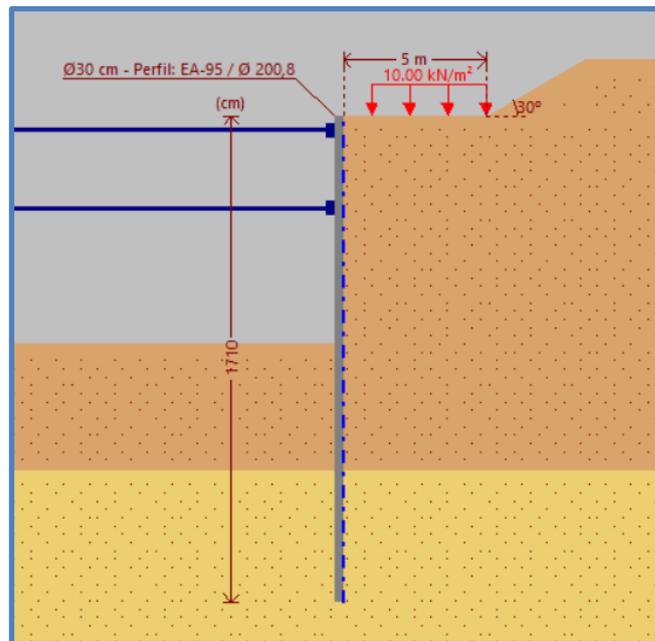


Figura 10. Fase final.

Se establecen las siguientes fases en el cálculo:

- Fase 1. Estado inicial.
- Fase 2. Excavación arriostramiento provisional nivel 1.
- Fase 3. Arriostramiento nivel 1.
- Fase 4. Excavación nivel arriostramiento nivel 2.
- Fase 5. Excavación arriostramiento provisional nivel 2.
- Fase 6. Excavación final.

Con ello se obtienen los resultados de cálculo (esfuerzos y desplazamientos) que se indican en la siguiente imagen:

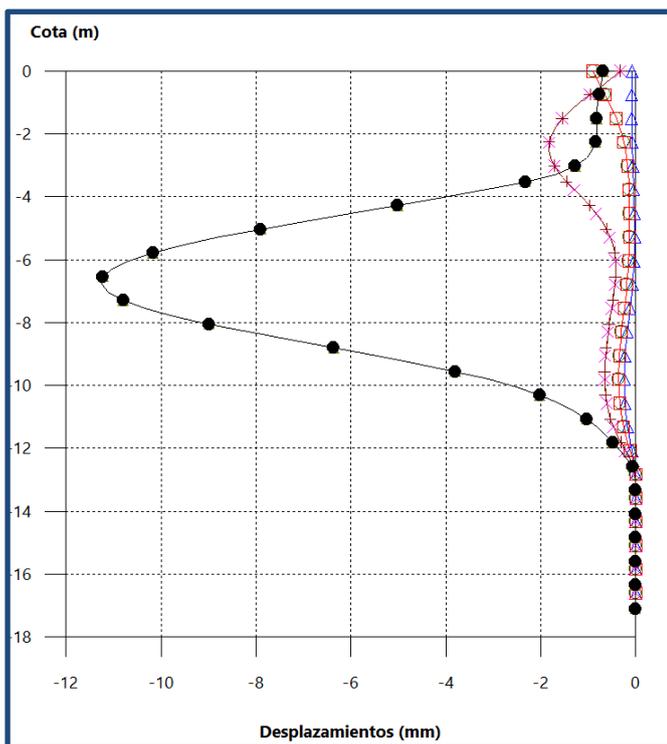


Figura 11. Arroa. Boca Sur. Desplazamientos máximos.

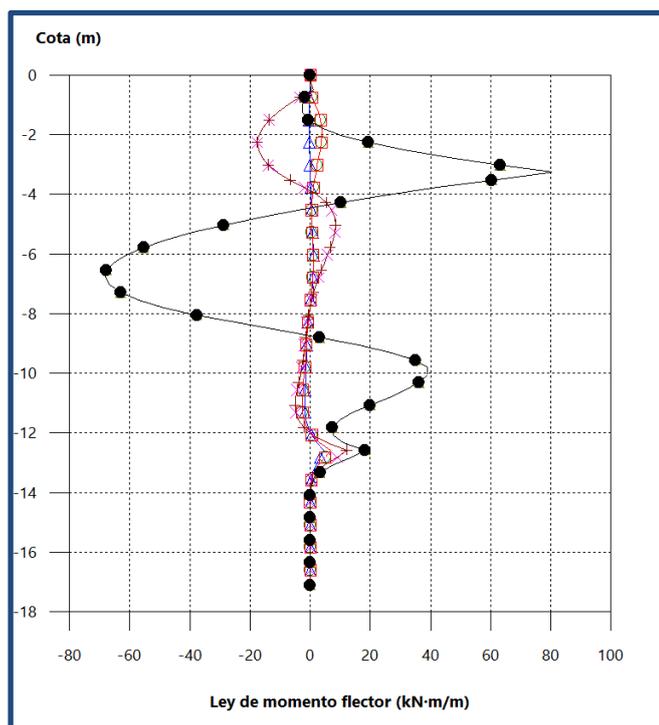


Figura 12. Arroa. Boca sur. Ley de momento flector.

El desplazamiento máximo de la pantalla es de 12 mm, valor admisible:

Los esfuerzos de diseño son inferiores a los resistentes de la estructura como queda indicado en la siguiente tabla:

Momento p.m.l.	Momento de diseño	Momento resistente
80 kN·m/m	89,21 kN·m	98,34 kN·m

Tabla 8. Comprobación ELU flexión. Pantalla Arroa.

En los anexos al presente informe se adjuntan los cálculos detallados.

## 4. REFUERZO DE TÚNEL EN MINA

### 4.1. Objeto y metodología

Para la comprobación estructural de las secciones de refuerzo se ha estudiado la sección más desfavorable, que se corresponde con la máxima cobertera de tierras y la peor geotecnia, la estructura de refuerzo que aplica es la ST-III. Se analiza el estado tensodeformacional actual del túnel, y su situación futura tras las medidas de refuerzo y reparación. Se mejoran los coeficientes de seguridad y el comportamiento resistente con la sección reforzada. En los siguientes subapartados se describirá con detalle el cálculo realizado para simular las condiciones geomecánicas del sistema en la actualidad y con las medidas de refuerzo propuestas.

Para la realización de los cálculos se utilizó el programa comercial FLAC3D v5.0, que opera mediante el método de diferencias finitas y está especialmente concebido para resolver problemas de mecánica de medios continuos aplicados a la geotecnia, permitiendo la realización de cálculos tanto bidimensionales como tridimensionales. Como se ha indicado, se ha procedido a analizar la sección crítica, para ello se ha realizado un modelo bidimensional para la sección de la estructura de refuerzo ST-III del túnel con una montera de 53 m, en el PK 10+080, y un espesor del refuerzo nuevo ejecutado con hormigón bombeado y vibrado de espesor variable, alcanzando un mínimo de al menos 0.14 m y reforzado con cerchas HEB-140. Adicionalmente se han dispuesto unos drenajes para evacuar el agua del trasdós del túnel existente que está penalizando la actual estructura.

En los cálculos realizados, se han representado las diferentes fases del túnel, desde la fase inicial y el deterioro de las propiedades del macizo rocoso, la estructura de refuerzo original de mampostería y el relleno, hasta el refuerzo nuevo planteado con hormigón proyectado y sus cerchas, y se ha analizado el estado tensodeformacional en cada una de ellas. Se detallará en los párrafos siguientes.

### 4.2. Descripción de la estructura

La sección ejecutada del túnel 3, consta de una sección de aproximadamente 4.3 m de ancho y 5.25 m de alto, con un refuerzo en mampostería

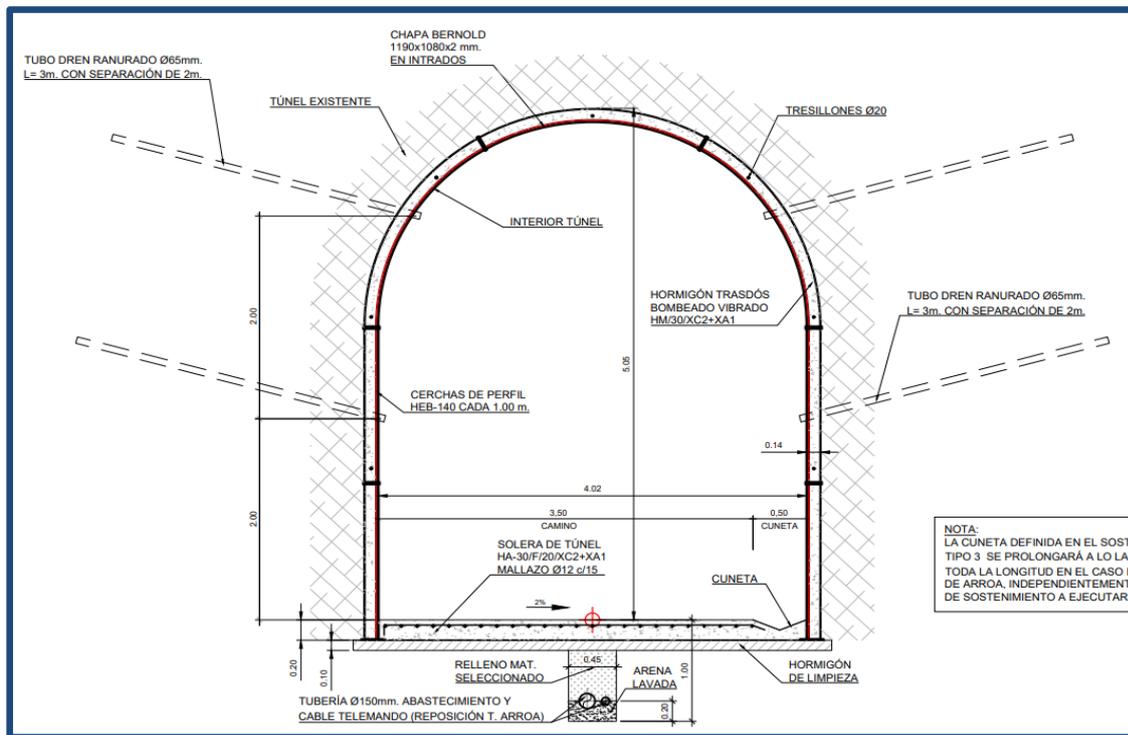


Figura 13. Sección sostenimiento

Esta estructura de refuerzo consiste en una capa de hormigón de 14 cm bombeado con cerchas y chapa Bernold. Las cerchas son HEB-140 separadas 1.0 m con tresillones de 20 mm de diámetro.

Para el análisis tensodeformacional del túnel y su entorno, se ha considerado una sección crítica del trazado, en la que se proyecta una solución tipo 3 para la estructura de refuerzo. Las características de este refuerzo son las siguientes:

- HM/30/XC2+XA1
- Espesor 14 cm
- Cerchas HEB-140 c/1m

- Tresillones Ø 20

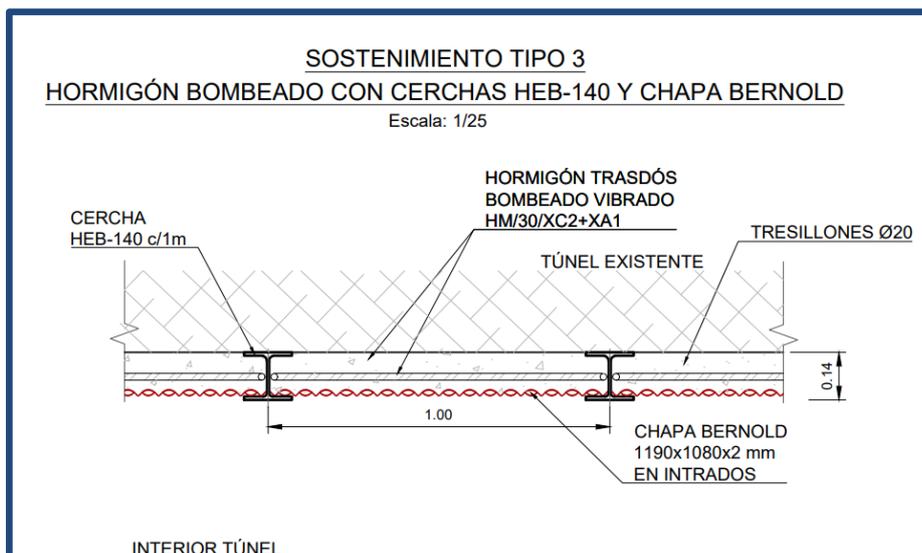


Figura 14. Detalle de sostenimiento tipo III.

### 4.3. Parámetros deformacionales y resistentes considerados

#### ➤ Situación Inicial

La caracterización del macizo rocoso limolítico para el cálculo tensodeformacional es la siguiente

Sustrato rocoso	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	Resistencia a tracción MPa	Resistencia del macizo rocoso MPa	Módulo elástico MPa
Limolitas calcáreas	25	175	39°	0.017	2.12	209

Tabla 9. Caracterización geotécnica macizo rocoso

Al relleno del trasdós de la mampostería, se le asignan los siguientes parámetros geomecánicos.

Relleno	Espesor m	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	Resistencia a tracción MPa	Poisson	Módulo elástico MPa
trasdós mampostería	0.5-1.0	20	10	20°	0	0.25	20

Tabla 10. Caracterización Relleno trasdós mampostería

A la mampostería se le asignan los siguientes parámetros resistentes.

Mampostería	Espesor m	Densidad KN/m <sup>3</sup>	Módulo elástico MPa
	0.5-1.0	24	1000

Tabla 11. Caracterización Mampostería

#### Situación Actual

Para representar el paso del tiempo y el deterioro en la resistencia de la estructura existente, se propone una minoración de parámetros del macizo en el entorno del túnel (en un volumen de 7 m alrededor del túnel), y la reducción de los parámetros resistentes del relleno y la mampostería original.

Al macizo rocoso en el entorno de 7 m de radio con respecto al centro del túnel, se le asignan las siguientes propiedades geomecánicas reducidas.

Sustrato rocoso	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	Resistencia a tracción MPa	Resistencia del macizo rocoso MPa	Módulo elástico MPa
-----------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------	----------------------------	-----------------------------------	---------------------

Limolitas calcáreas	25	175	39°	0.017	2.12	100
---------------------	----	-----	-----	-------	------	-----

Tabla 12. Caracterización geotécnica macizo rocoso

Al relleno del trasdós de la mampostería, se le asignan los siguientes parámetros geomecánicos reducidos.

Relleno	Espesor m	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	Resistencia a tracción MPa	Poisson	Módulo elástico MPa
	0.5-1.0	20	0.1	20°	0	0.25	10

Tabla 13. Caracterización Relleno trasdós mampostería

A la mampostería se le asignan los siguientes parámetros resistentes deteriorados..

Mampostería	Espesor m	Densidad KN/m <sup>3</sup>	Módulo elástico MPa
	0.5-1.0	24	200

Tabla 14. Caracterización Mampostería

Además, se considera que se ha producido una acumulación de agua en el trasdós de la mampostería que está penalizando tensodeformacionalmente la misma. Se ha considerado para los cálculos una presión uniforme de agua en el trasdós de la mampostería de 10 metros de columna de agua.

#### Situación tras el refuerzo

Las propiedades del macizo rocoso, del relleno y de la mampostería tienen las mismas características que en la situación anterior.

Las características del hormigón HM/30/XC2+XA1 son las siguientes.

Espesor m	Densidad KN/m <sup>3</sup>	Poisson	Módulo elástico MPa
0,14	24	0,2	28,5

Tabla 15. Características del hormigón

La estructura de refuerzo tiene cerchas HEB-140 m a 1 m con las siguientes características mecánicas:

h (mm)	b (mm)	Tw (mm)	Tf (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Iy (mm <sup>4</sup> )	Iz (mm <sup>4</sup> )	Fy (MPa)
140	140	7	12	43	1509.0	549.7	335

Tabla 16. Características de la cercha, HEB-140

Adicionalmente, se colocan drenes para evitar acumulación del agua en el trasdós por lo que se eliminan los empujes hidrostáticos sobre la estructura futura.

#### 4.4. Descripción de los cálculos realizados para el modelo

A continuación, se presentan las consideraciones de diseño para la ejecución del modelo para el refuerzo, para esto, se ha considerado la estructura de refuerzo tipo-III.

##### 4.4.1. Fases de cálculo

En este apartado se presentan las fases de construcción para la ejecución de la estructura de refuerzo.

##### ➤ Situación inicial.

Se establece el equilibrio tensional inicial, previo a la excavación. Este cálculo se ha realizado considerando un valor para el coeficiente de reparto de tensiones  $K_0=0.5$  y una altura de tierras sobre la clave de 53 m

##### ➤ Excavación.

Se simula la excavación del túnel inicial.

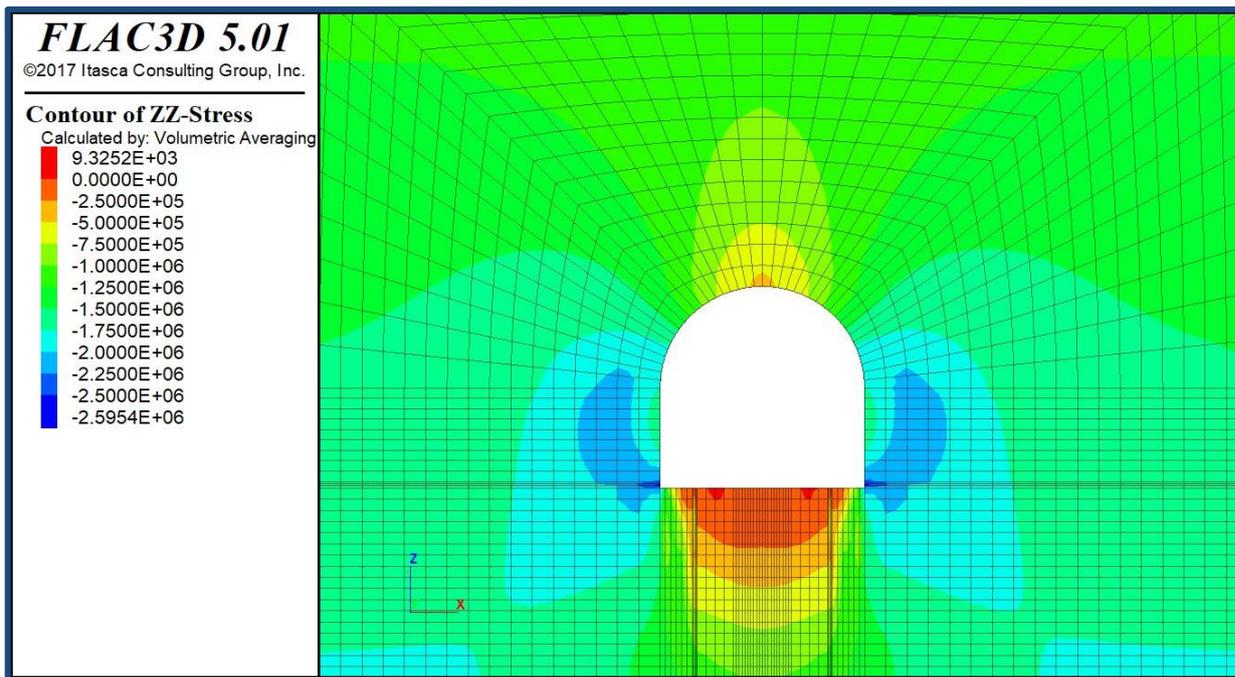


Figura 7. Excavación sección actual ejecutada (Pa)

➤ Sostenimiento actual ejecutado

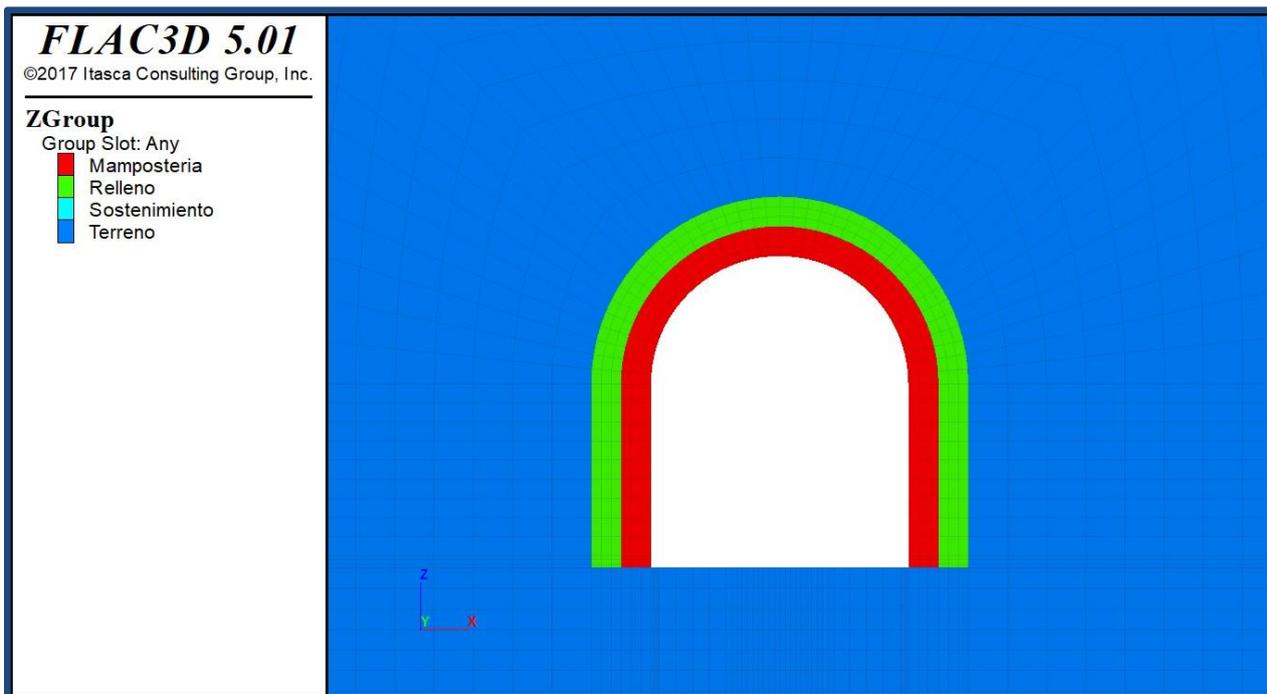


Figura 15. Estructura de refuerzo sección ejecutada

En esta fase se calcula la situación final del proyecto original, una vez colocado el sostenimiento de mampostería y el relleno. Con el sostenimiento instalado, las fuerzas ficticias consideradas en el apartado anterior se anulan, lo que equivale a considerar una distancia infinita desde la sección estudiada al frente de excavación.

➤ Deterioro de las propiedades del macizo

Una vez ejecutado el sostenimiento de mampostería, se simula un deterioro de las propiedades de la mampostería, del relleno, y del macizo rocoso. Las propiedades de este último se empeorarán en un entorno de 7 m alrededor del túnel.

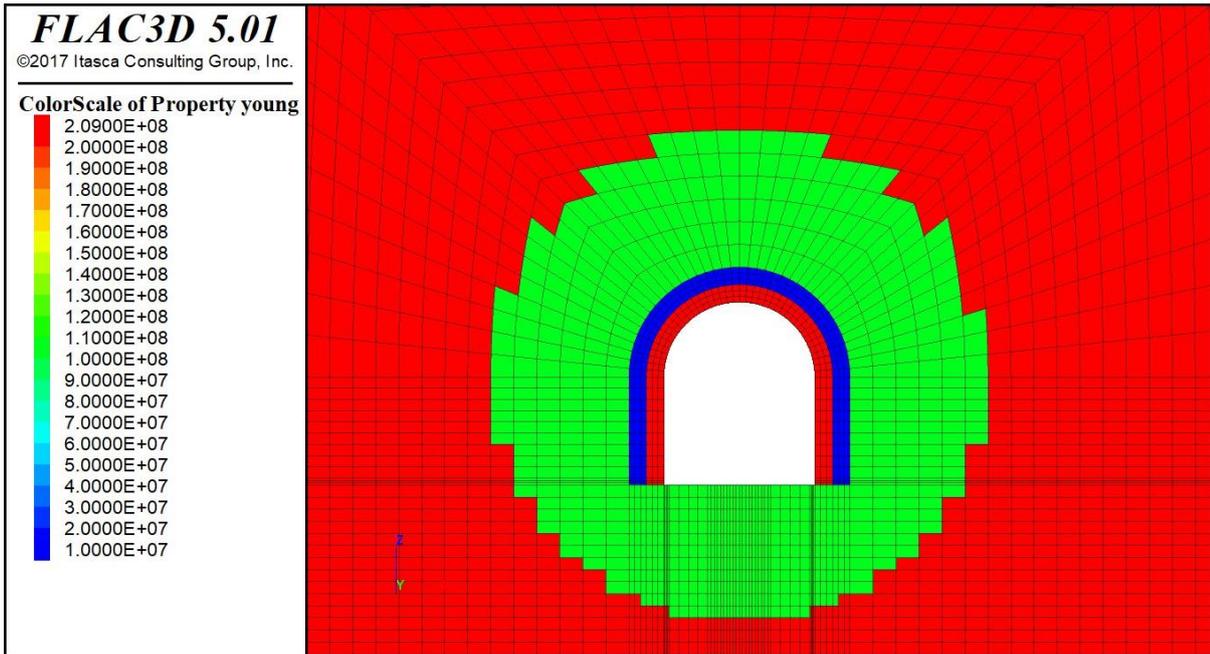


Figura 17. Deterioro de las propiedades del macizo rocoso (Pa)

➤ Aplicación de presiones debidas al agua

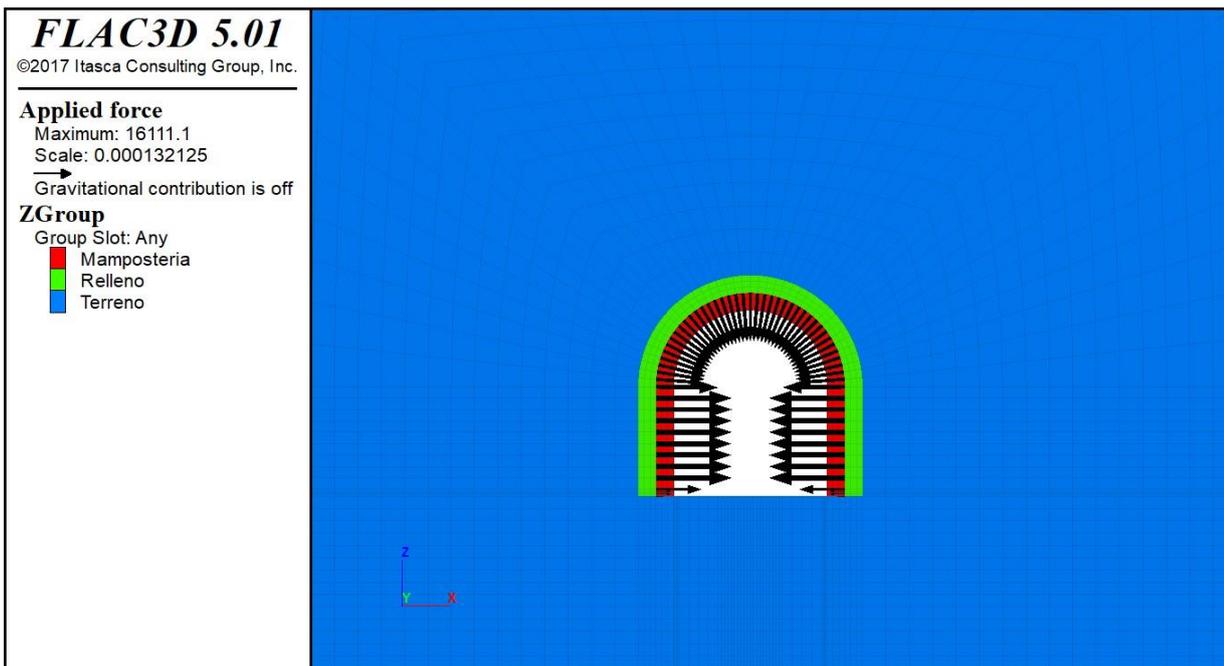


Figura 18. Deterioro de las propiedades del macizo rocoso (N)

Para el estado actual, se ha establecido una unos esfuerzos debidos al agua con una presión de 10 metros de columna de agua sobre el trasdós de la mampostería.

➤ Ejecución de la nueva estructura de refuerzo

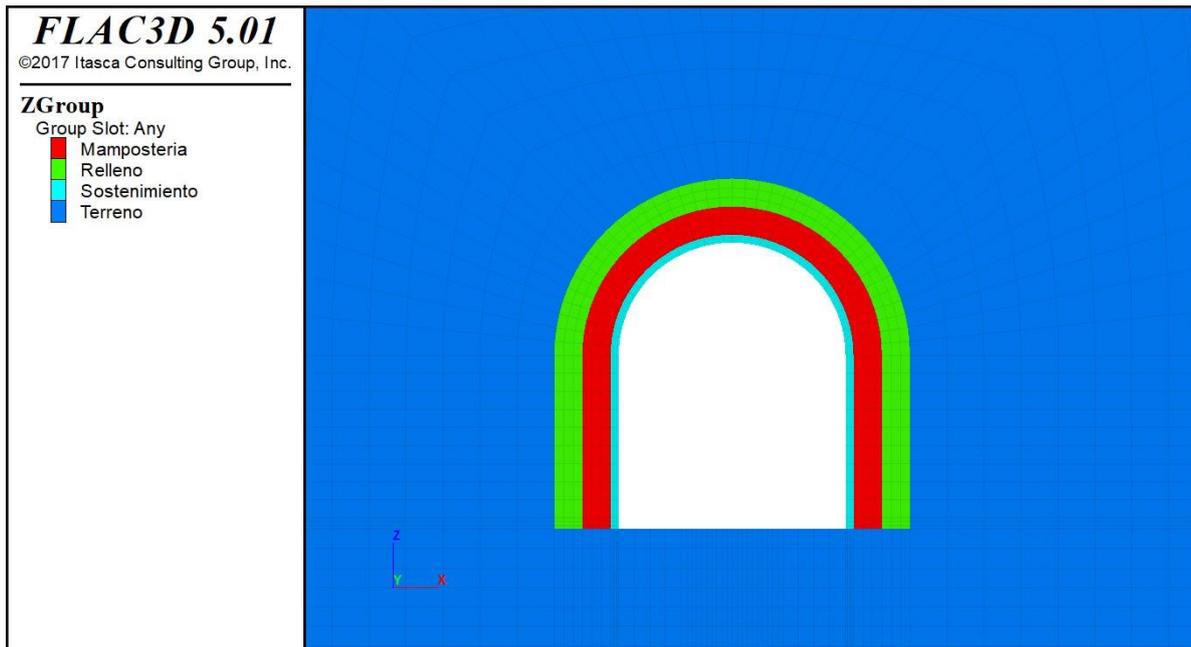


Figura 19. Nueva estructura de refuerzo

Se ejecuta la nueva estructura de refuerzo prevista en la sección, considerando un espesor de 14 cm.

#### Condiciones Últimas a largo plazo

Para el diseño, se supone que se puede producir una falla en el sistema de drenaje del trasdós, y que a largo plazo se presenta una situación de ELU con una acumulación de agua en el trasdós equivalente a 10 m de columna de agua aplicado uniformemente sobre todo el trasdós de la estructura. Se valida estructuralmente el refuerzo para esta situación de cálculo.

##### 4.4.2. Modelo numérico

Una vez obtenido el modelo geológico y el geotécnico, y después de definir el proceso constructivo, se procede a generar el modelo numérico, de manera que se represente de la forma más real posible el problema a analizar. En la generación de este modelo se debe prestar especial atención al tamaño y a la densidad de malla, a la imposición de las condiciones de contorno y de las condiciones iniciales, ya que las fases de cálculo coincidan lo más posible con el proceso constructivo.

##### 4.4.3. Tamaño y densidad de la malla

Se generará teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Cuanto mayor sean el tamaño y densidad de la malla, se requieren, lógicamente mayores tiempos de cálculo.
- Los contornos de la malla se deben alejar de la zona principal de estudio, es decir de la excavación del túnel, para que las condiciones de contorno impuestas no influyan en los resultados.
- La densidad de la malla deberá ser un compromiso entre la exactitud del cálculo, la disponibilidad de nodos para representar cualquier geometría y el tiempo de cálculo; primando las dos primeras condiciones.

##### 4.4.4. Condiciones de contorno e iniciales.

Durante la realización de los cálculos, se debe realizar una cuidadosa elección de las condiciones que se imponen a los elementos que forman la frontera del modelo.

En FLAC3D, se pueden imponer dos tipos de condiciones de contorno:

- Restringir el movimiento de los nodos que forman los límites.
- Imponer una tensión a los elementos que forman la frontera.

En este caso las condiciones de contorno han sido impuestas mediante la restricción de movimientos de los nodos de la frontera.

En los límites laterales de la malla se han impuesto restricciones de movimiento en las direcciones de los ejes X e Y para todos los nodos.

Respecto a la frontera superior del modelo se sitúa en la superficie imponiendo a sus nodos restricciones de movimiento en la dirección del eje Y.

La frontera inferior se ha alejado hasta una distancia del centro de la excavación imponiendo a los nodos restricciones de movimiento en la dirección de los ejes X, Y, Z.

Las condiciones iniciales se han definido dando el estado tensional en cada nodo de la malla, para ello se ha calculado la tensión vertical  $\sigma_v$  igual al peso de las tierras sobre cada nodo, y luego considerando el coeficiente de relación de tensiones  $K_0$ , para estimar las tensiones horizontales.

#### 4.4.5. Modelización del terreno

Para la modelización del terreno se ha utilizado el modelo reológico incluido en el FLAC3D denominado MOHR. Es un modelo elasto-plástico, considerado el más usual para representar el comportamiento a rotura de suelos y rocas.

El criterio de rotura de Coulomb, como ya se ha indicado, describe las condiciones de rotura al corte de una roca mediante la relación existente entre las tensiones cortante  $\tau$  y normal  $\sigma_n$  asociadas a la superficie de rotura, por lo tanto, puede expresarse como:

$$\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \phi$$

Donde la C es la cohesión y  $\phi$  el ángulo de rozamiento.

#### 4.4.6. Unidades

Las unidades de los resultados obtenidos del modelo son: fuerza (N), longitud (desplazamiento) (m), y tensiones (N/m<sup>2</sup>)

#### 4.4.7. Criterio de signos

- Desplazamientos del terreno – Positivos en el sentido creciente de los ejes, es decir desplazamientos verticales positivos hacia arriba y desplazamientos horizontales positivos hacia la derecha.
- Tensiones en el terreno y hormigones – Compresiones negativas y tracciones positivas.

#### 4.4.8. Modelización de la estructura de refuerzo

##### ➤ Hormigón

La representación, en el modelo de FLAC3D, del hormigón se ha realizado mediante la generación de un mallado constituido por elementos tipo Brick, o cubo, y se han adoptado los siguientes parámetros para su modelización:

HM/30/XC2+XA1	Propiedades
Densidad (KN/m <sup>3</sup> )	24
Modulo Young (MPa)	28.5
Poisson	0.2

Tabla 5. Características de la estructura de refuerzo

##### ➤ Cerchas

Para la modelización de las cerchas, el FLAC3D dispone de elementos tipo BEAM. Elementos unidimensionales de 2 nodos y 6 grados de libertad por nodo (3 traslaciones+3 reacciones) que permiten obtener los esfuerzos en los nodos.

Cerchas	Propiedades
Diámetro(mm)	25
Modulo Young (MPa)	210
Sección (cm <sup>2</sup> )	43
Poisson	0.2
Calidad acero	S-355

Tabla 6. Propiedades de las cerchas

### 4.5. Cálculos tensodeformacionales

El objetivo fundamental de estos cálculos ha sido realizar una comprobación del estado tensional del refuerzo del túnel. Se presentan los siguientes resultados de cada sección analizada:

- Desplazamientos verticales y horizontales del terreno y de la estructura de refuerzo.
  - Tensiones principales máximas y mínimas.
- Criterios de validación estructural de la sección

Se establece un criterio de validación de secciones estructurales basado en diversos aspectos, fundamentados en el análisis tensional del refuerzo, en las deformaciones máximas asumibles por la sección, en la estabilización de las convergencias, en la estabilidad del frente y del apoyo, etc.

Consecuentemente, para validar las secciones, se realizará un análisis general del comportamiento de la sección.

a) Compresiones y tracciones en el hormigón.

Se dispone en la nueva estructura de refuerzo un hormigón  $f_{ck} = 30$  MPa. Para un Factor de seguridad de 1.5, se considerará que las tensiones en compresión no pueden superar los 20.0 MPa, de igual manera, no se deberán superar tracciones superiores a 1.35 MPa.

b) Tensiones cerchas

La tensión de admisible de la cercha vendrá dada por le acero del que está hecha esta. En este caso, se trata de un acero S-355,y con un Factor de seguridad de 1.15, los esfuerzos de la cercha no podrán ser mayores a 308.7 MPa.

**4.6. Resultados tensodeformacionales de las fases**

**Fase INICIAL**

En la Fase inicial, se observa que el túnel es estable para las condiciones de Proyecto.

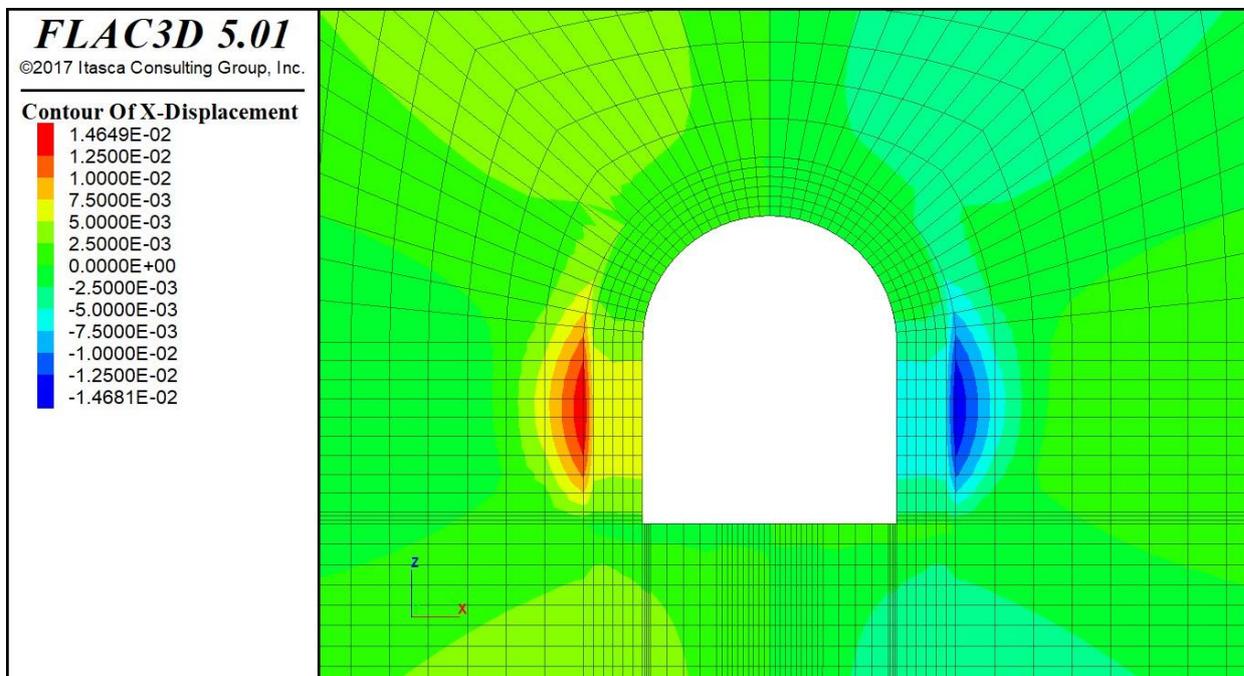


Figura 20. Desplazamiento horizontal, eje X (m)

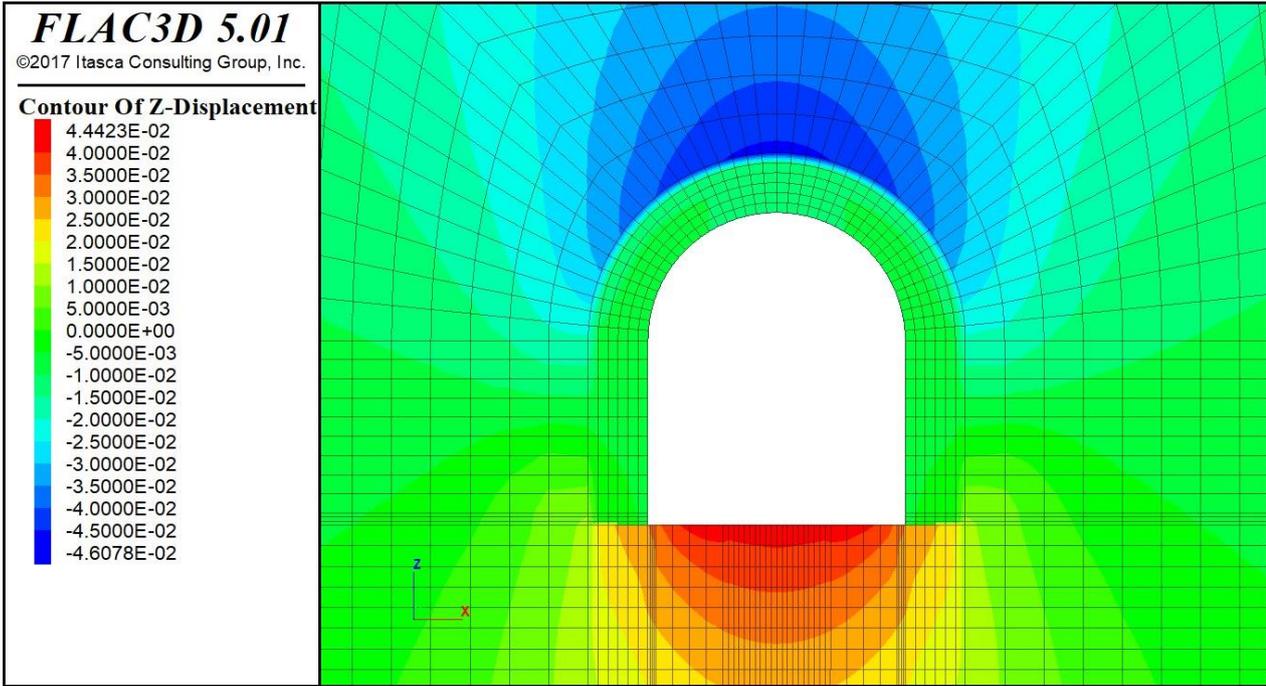


Figura 21. Desplazamiento vertical, eje Z (m)

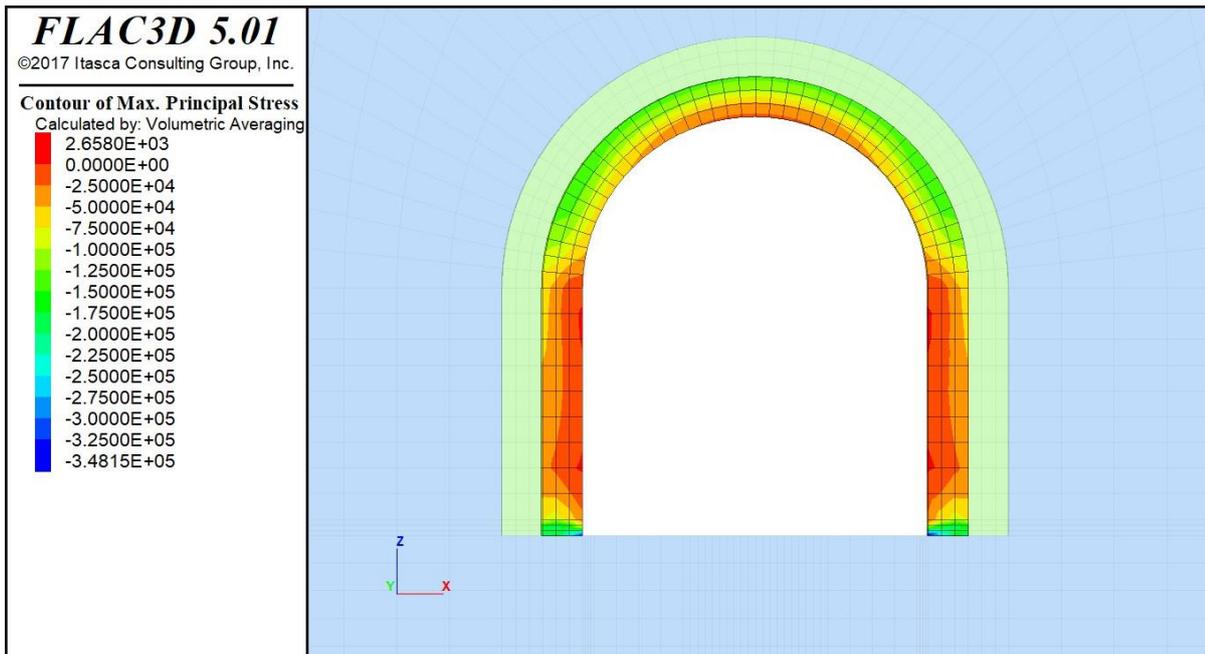


Figura 22. Esfuerzos máximos de la mampostería, Smax (Pa)

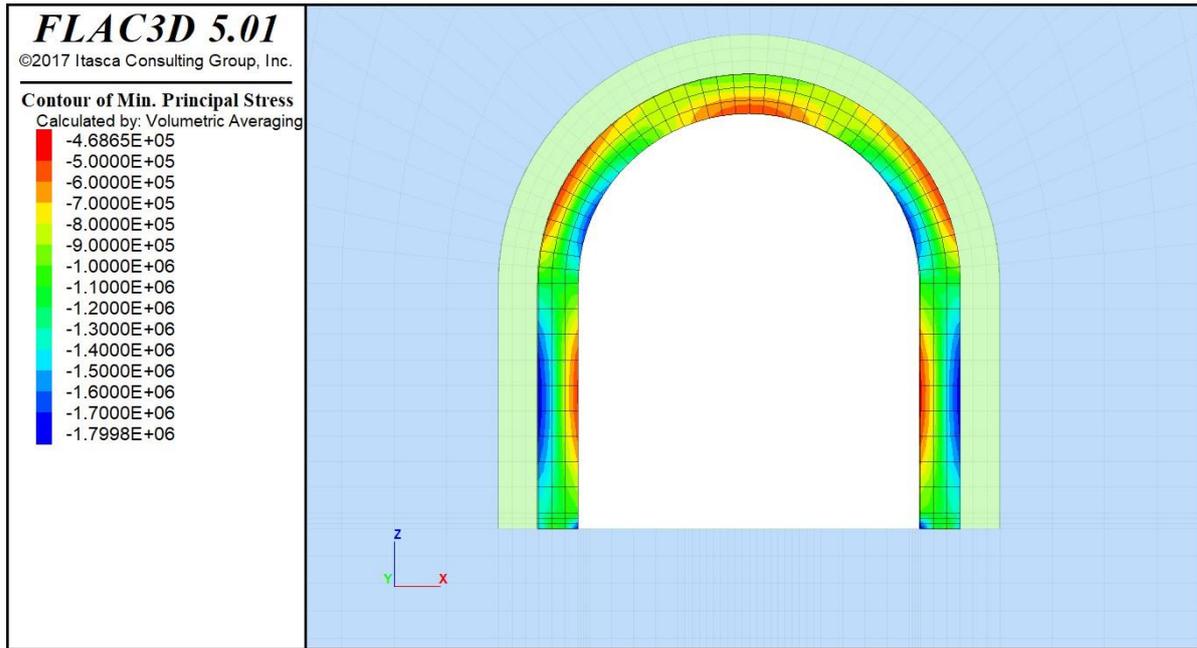


Figura 23. Esfuerzos mínimos de la mampostería,  $S_{min}$  (Pa)

**A. FASE ACTUAL**

En esta fase, como se ha explicado, se ha simulado un deterioro de las propiedades mecánicas de la mampostería, de las propiedades geomecánicas del relleno y el macizo rocoso en el entorno del túnel, y se ha supuesto una acumulación de agua en el trasdós de la mampostería. De esta forma se llegan a Factores de Seguridad menores de 1.5, con movimientos importantes, lo cual representa la situación actual en la que se requiere el refuerzo del túnel con una estructura interior de hormigón.

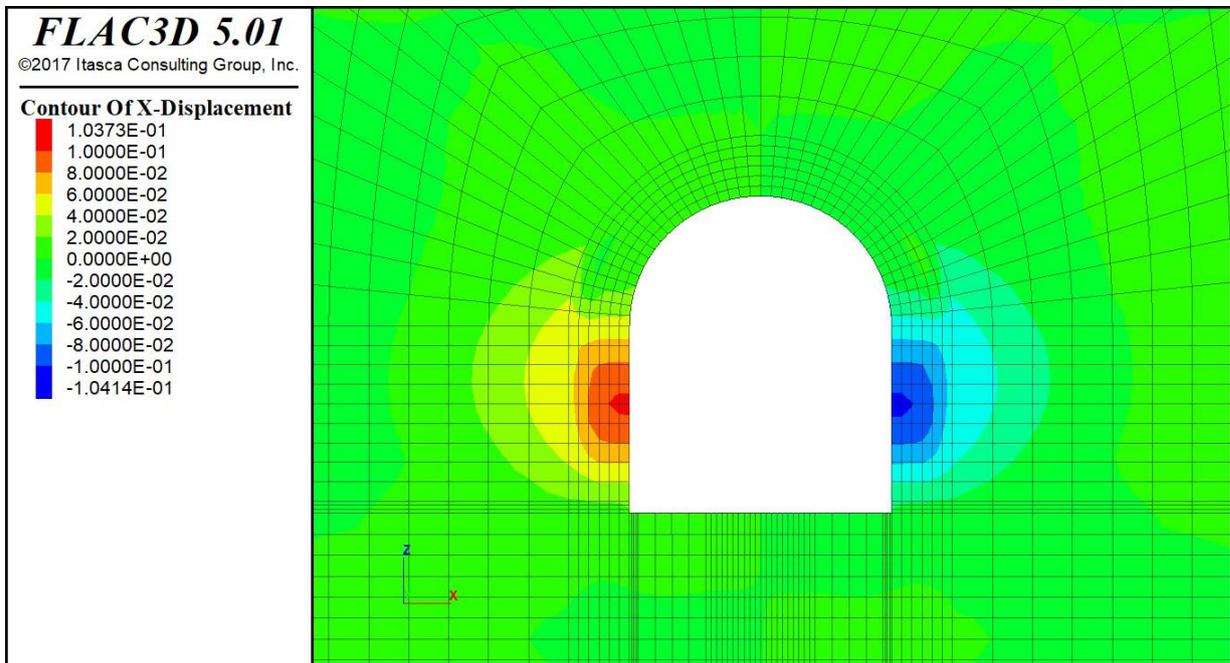


Figura 24. Desplazamiento horizontal, eje X (m)

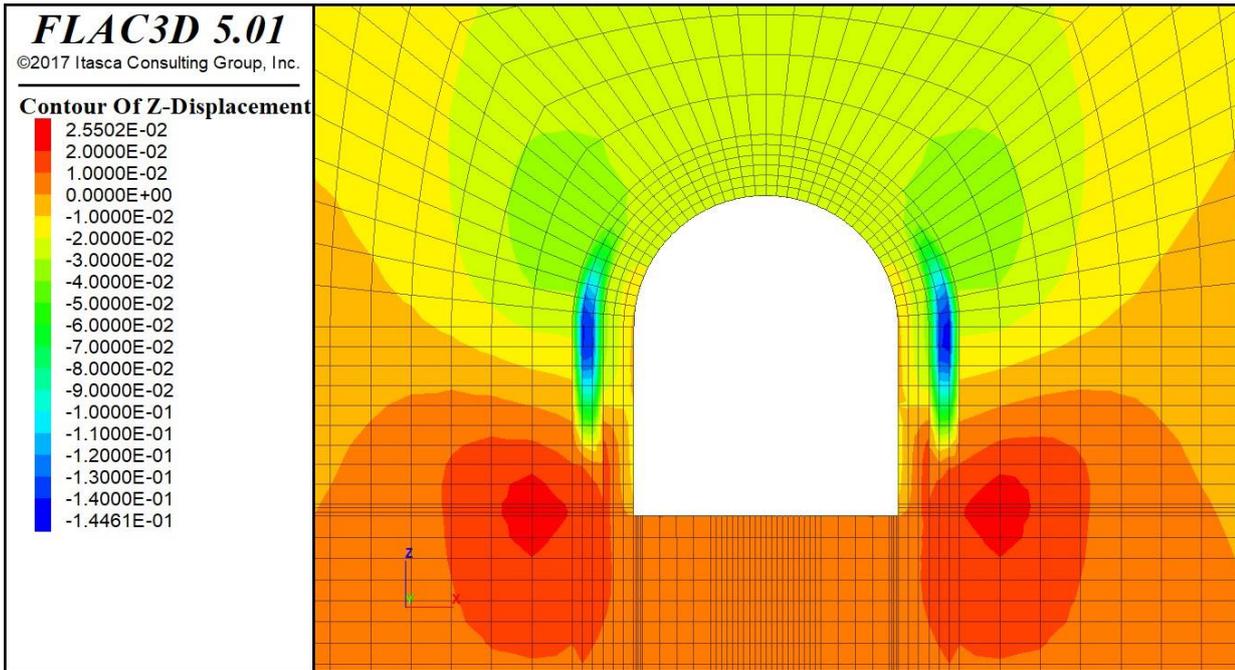


Figura 25. Desplazamiento vertical, eje Z (m)

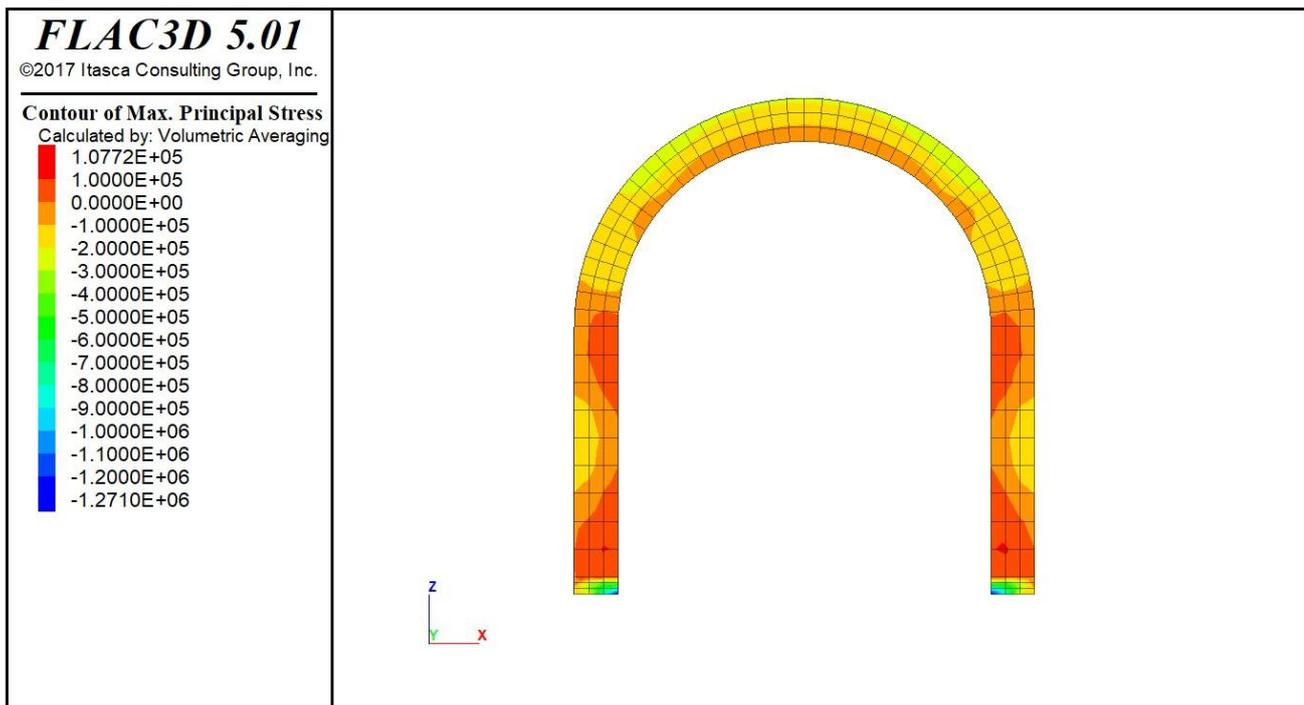


Figura 26. Esfuerzos máximos de la mampostería, Smax (Pa)

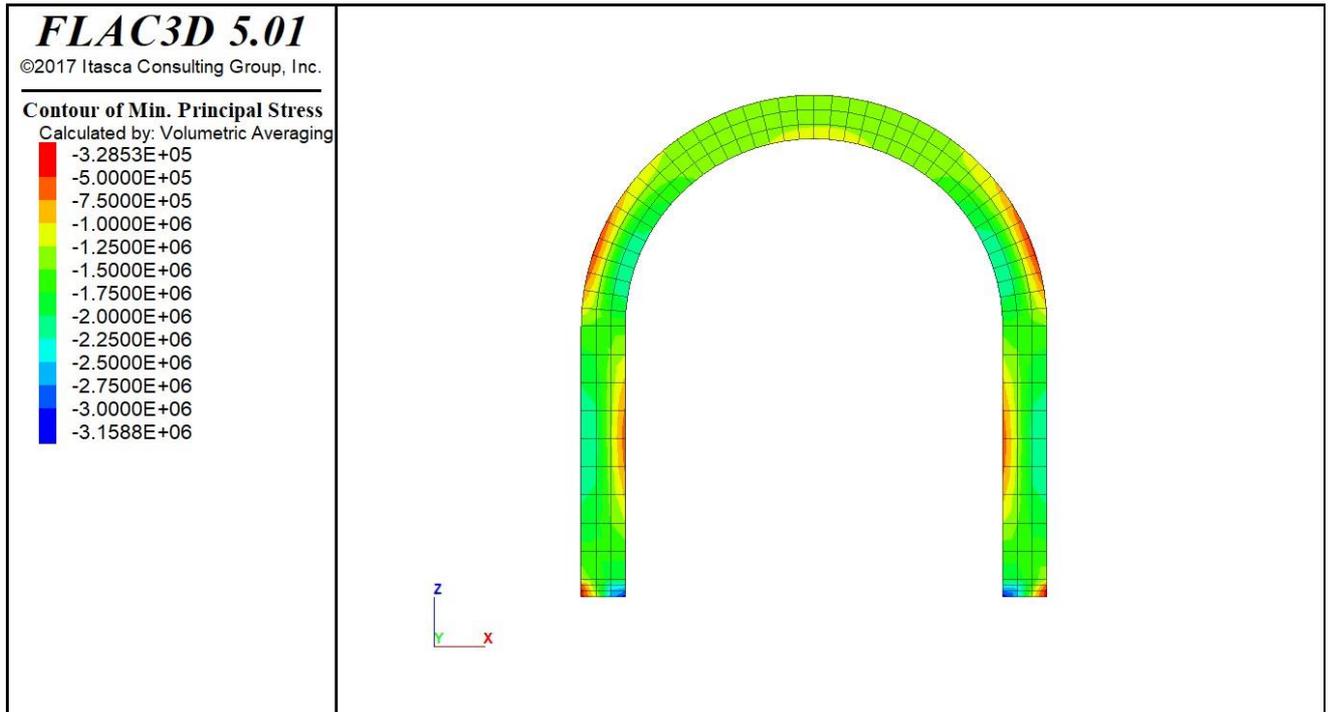


Figura 27. Esfuerzos mínimos de la mampostería,  $S_{min}$  (Pa)

## B. FASE REFORZADA

Se coloca una estructura interior de hormigón reforzado con cerchas HEB-140 cada 1 m. Se simula una situación a largo plazo donde se coloca un empuje uniforme de agua en el trasdós de la estructura equivalente a 5 m de agua. Esta acción se considera en Estado Límite Último. Se realiza el cálculo del factor de seguridad del conjunto mediante el método c-phi reduction obteniendo un Factor de Seguridad de 1.88, mayor al 1.50 requerido, por lo que se valida la estructura. Adicionalmente se realizan las verificaciones tensionales del hormigón y la cercha.

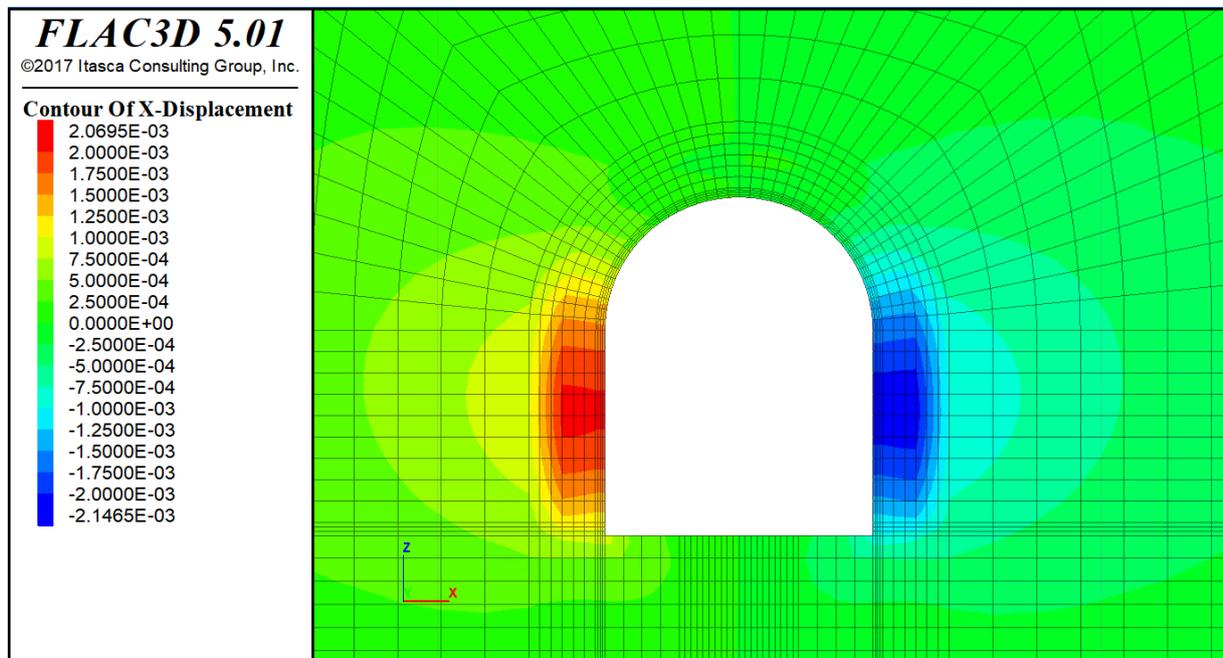


Figura 28. Desplazamiento horizontal, eje X (m)

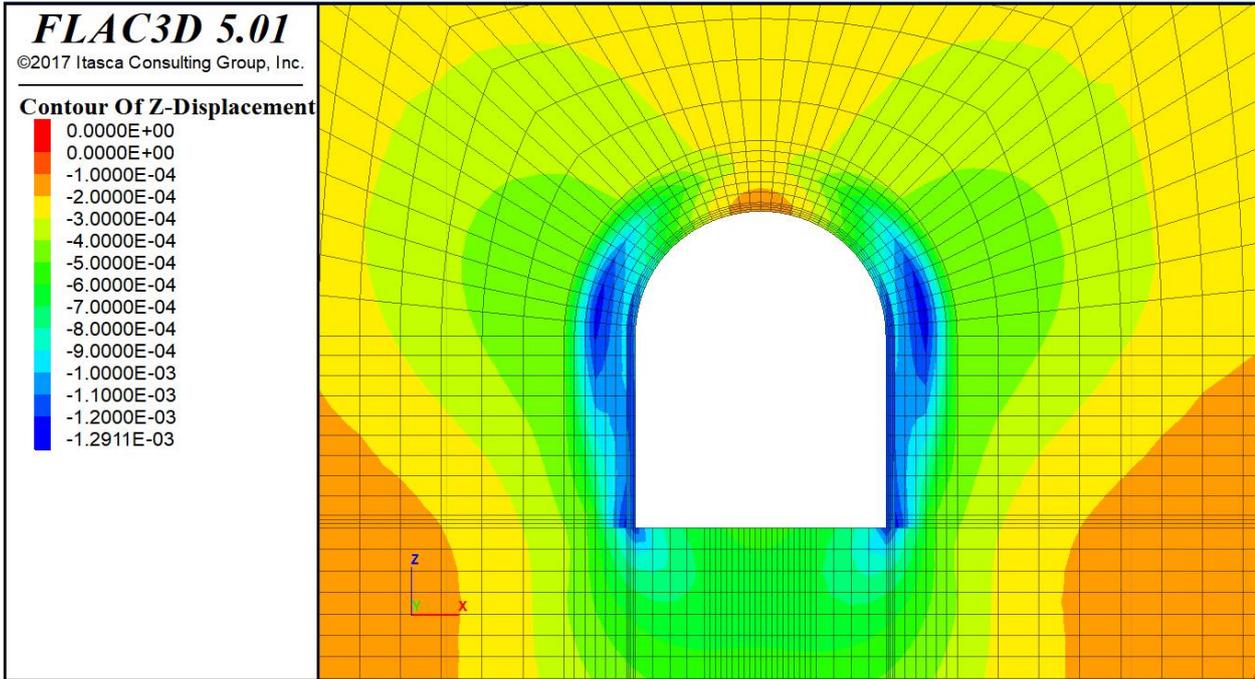


Figura 29. Desplazamiento vertical, eje Z (m)



Figura 30. Esfuerzos máximos de la estructura de refuerzo, Smax (Pa)



Figura 31. Esfuerzos mínimos de la estructura de refuerzo,  $S_{min}$  (Pa)

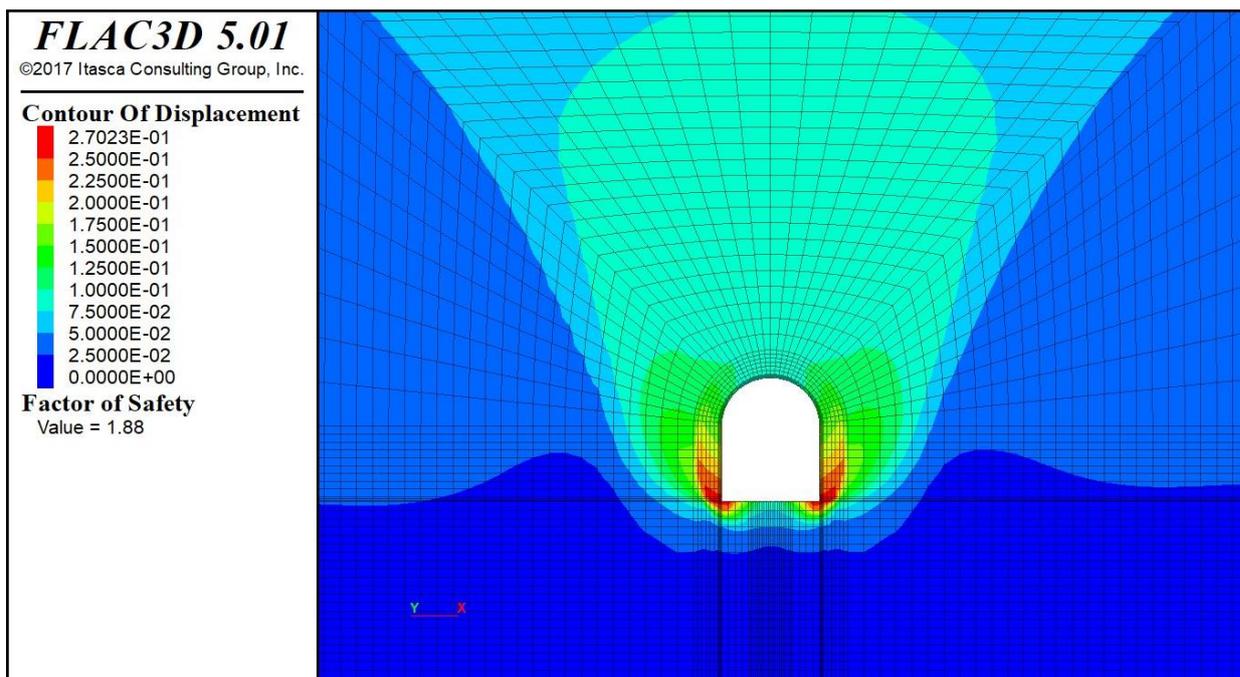


Figura 32. Factor de seguridad

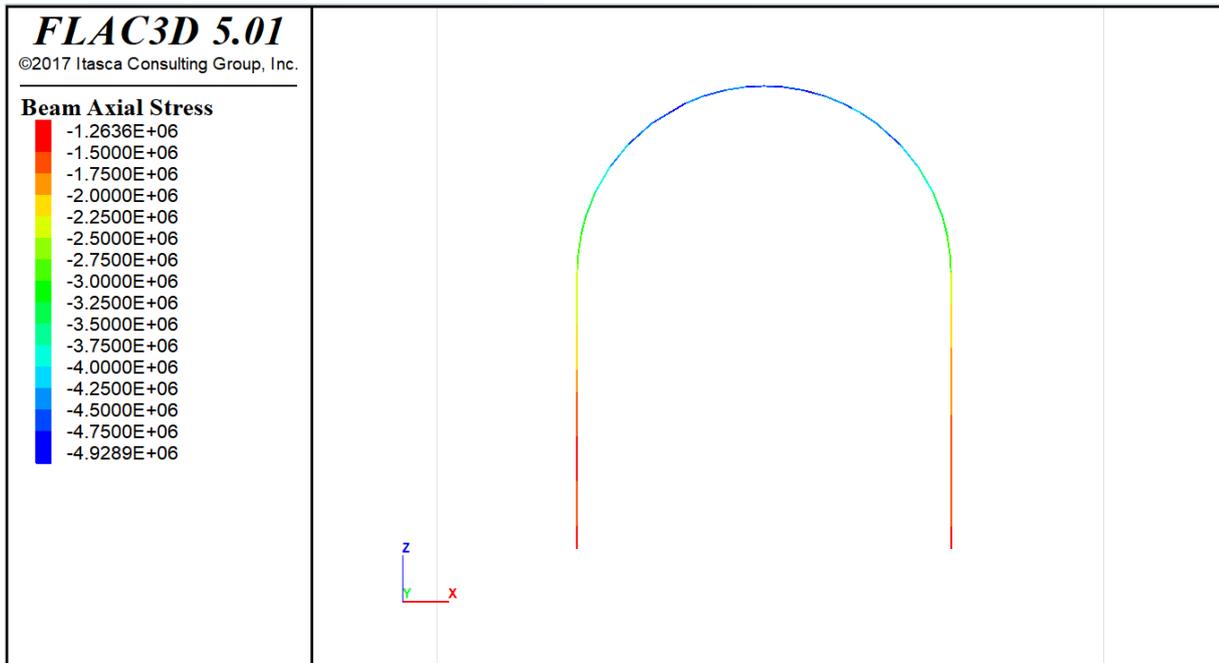


Figura 33. Tensión axial de las cerchas (Pa)

#### 4.7. Resumen

A continuación, se presenta una tabla resumen con los esfuerzos obtenidos en la nueva estructura de refuerzo.

Estructura de refuerzo	Tensiones máxima a compresión (MPa)	Tensión admisible (MPa)
	-1,9	20

Tabla 7. Verificación del estado de compresión de la estructura de refuerzo

Estructura de refuerzo	Tensiones máxima a tracción (MPa)	Tensión admisible (MPa)
	0,9	1,35

Tabla 8. Verificación del estado de tracción de la estructura de refuerzo

De los resultados anteriores se observa que las tracciones generadas en la estructura de refuerzo son inferiores a las tracciones admisibles resistidas por el hormigón.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen con los esfuerzos obtenidos en la cercha.

Estructura de refuerzo	Axil máximo (MPa)	Tensiones máxima admisible, MPa
	-4,92	308,7

Tabla 7. Verificación de la cercha

Como se observa, las tensiones del hormigón y de la cercha son inferiores a las admisibles, validándose estructuralmente la solución.

## 5. PROTOCOLO PARA EL SEGUIMIENTO Y AUSCULTACIÓN DE LOS TRABAJOS

### 5.1. Objeto y antecedentes

La función básica de la auscultación es medir los movimientos en el terreno y las tensiones que se producen, centrándose en el control los siguientes parámetros:

- Desplazamientos en el contorno del túnel.
- Movimientos en el interior del macizo rocoso.
- Estabilidad de los emboquilles.
- Control de asientos en la superficie.

Para el caso concreto de las obras proyectadas, deben tenerse en cuenta los siguientes condicionantes constructivos:

Los túneles ya se encuentran excavados y se pretende mejorar la capacidad de soporte de los mismos realizando una mejora de los elementos de sostenimiento actuales. Debe verificarse que tras la ejecución de los nuevos sostenimientos, no se producen deformaciones de la nueva sección, garantizando su estabilidad tras su puesta en funcionamiento a largo plazo.

Los emboquilles se encuentran colindantes a infraestructuras en uso (viales). Las actuaciones de consolidación para los emboquilles implican excavaciones importantes con posible afección a estas infraestructuras colindantes.

En los planos de proyecto figura la instrumentación considerada, medida y valorada y que está basada en:

- Secciones de convergencias para el control de movimientos en la sección del túnel rehabilitado.
- Hitos topográficos para el control de asientos en el entorno de la excavación de los emboquilles.

### 5.2. Secciones de convergencia

#### 5.2.1. Metodología

Es la auscultación básica en que se basa el control del comportamiento del túnel. La instalación del equipo consiste en la colocación de pares de pernos cortos con una anilla en su extremo y anclados mediante resina al terreno, estos pernos se protegerán mediante un tapón roscado.

Las medidas de convergencia se basan en la determinación de la variación que experimenta la medida de la distancia existente entre dos puntos del túnel representa, por tanto, el movimiento de forma cualitativa, dicha determinación es suficiente ya que realmente lo que se busca es conocer si la deformación se estabiliza y el tiempo que tarda en hacerlo.

El equipo que se emplea para realizar medidas de convergencia es la cinta de convergencia.

La cinta de convergencia consiste en una cinta métrica de acero inoxidable con orificios equiespaciados de alta precisión con dos ganchos en cada uno de sus extremos, la cinta incorpora un dispositivo de tensado y un reloj comparador con una resolución de 0,05 mm. La precisión será como mínimo de  $\pm 0,5$  mm.

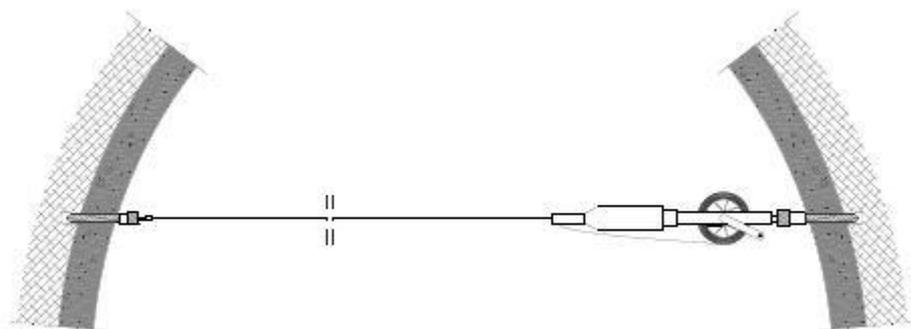


Figura. 1. Toma de lecturas con cinta de convergencia

#### 5.2.2. Colocación de las secciones de convergencia

Se prevé la colocación de secciones de convergencia cada 5 m en los primeros 20 m del túnel en mina. Una vez se superen los primeros metros, las secciones se espacian en función del sostenimiento ejecutado:

- Sostenimiento tipo 1. Secciones de convergencia espaciadas 25 m.

- Sostenimiento tipo 2 y 3. Secciones de convergencia espaciadas 15 m.

En cada una de las secciones se instalarán 3 pernos de convergencia; 1 en clave y 2 en hastiales.

Las medidas a realizar en cada sección son 3; entre hastiales (D1) y entre hastiales y bóveda (D2 y D3).

### 5.2.3. Periodicidad en la toma de lecturas

Se establece la siguiente frecuencia en la toma de lecturas de convergencia en función de los desplazamientos y velocidad de deformación.

Frecuencia	Desplazamiento	Velocidad de deformación
Diaria	≥ 0.5 mm día	V ≥ 0.5 mm día
Cada 2 días	0.4-1.0 mm cada 2 días	0.2 mm día-0,5 mm día
Semanal	0.7-1.4 m por semana	0.1 mm día-0,2 mm día
quincenal	0.75-1,5 m por quincena	0.05 mm día-0,1 mm día
mensual	>1.5 m al mes	V ≥ 0.05 mm día

Tabla 34. Periodicidad en la toma de lecturas.

### 5.2.4. Informe de presentación de resultados

Las medidas se recogen en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

- Identificación del tajo
- Número de la sección instrumentada
- PP.KK.
- Cobertera de la excavación
- Tipo de sostenimiento ejecutado
- Fecha de ejecución del sostenimiento
- Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar
- Los resultados se representan en una serie de curvas convergencia-tiempo y velocidad de convergencia-tiempo

El criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

- Convergencia positiva: cierre de la sección
- Convergencia negativa: apertura de la sección

En fase de Obra el Adjudicatario de las mismas realizará de modo habitual las mediciones de las distintas secciones de convergencia, para lo cual dispondrá de una cinta extensométrica adecuada. Diariamente, el Adjudicatario de las Obras deberá suministrar a la Supervisión de Obras (Asistencia Técnica) las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior. Esta información deberá estar contenida en formato Excel, con un archivo para cada sección de auscultación.

Las mediciones de convergencias por parte del Contratista, deberán ser realizadas en presencia de un vigilante de la Asistencia Técnica.

La unidad de Asistencia Técnica realizará mediciones de contraste en aquellas secciones de convergencia que considere necesario, para lo cual dispondrá de su propia cinta extensométrica y realizará una medición inicial de todas las secciones de control. El Contratista suministrará los medios auxiliares necesarios para la realización de estas mediciones.

### 5.2.5. Interpretación de las medidas y niveles de riesgo

En función de los desplazamientos registrados, se establecen los niveles de riesgo así como las recomendaciones de actuación.

Frecuencia	Nivel de riesgo	Recomendaciones de actuación
V > 10 mm/día	Extremadamente grande	Refuerzo inmediato del sostenimiento
V 5-10 mm/día	Muy grande	Si se mantiene durante 2 días se procederá al refuerzo del

		sostenimiento
V 2-5 mm/día	Grande	Si se mantiene durante 5 días se procederá al refuerzo del sostenimiento
V 0,5-2,0 mm/día	Media	Si se mantiene durante 15 días se procederá al refuerzo del sostenimiento
V <0,5 mm/día	Pequeña	Seguimiento con la frecuencia de lecturas

Tabla 35. Nivel de riesgo y recomendaciones de actuación.

El alcance de las actuaciones las establecerá la unidad de Asistencia Técnica.

### 5.3. Hitos topográficos

#### 5.3.1. Metodología

Los movimientos verticales en superficie se controlarán con hitos topográficos o de nivelación.

Estos hitos consisten en una barra de acero anclada a 1 m de profundidad aproximadamente, para salvar la capa más superficial de la acera o del pavimento, la cual podría distorsionar los movimientos reales producidos en el terreno. Los hitos estarán protegidos por arquetas con tapa de seguridad para evitar daños por el tráfico o los transeúntes.

La barra de acero que constituye el hito está recubierta, salvo en su parte inferior por la que se ancla, por una vaina de PVC que la aísla del rozamiento del terreno, estando rematada por una cabeza semiesférica de acero inoxidable para el apoyo de la mira de nivelación.

La medición se realizará mediante nivel de alta precisión y se referenciarán las medidas a las bases de nivelación y/o topográfica de la obra con una precisión de 0,3 mm.



Figura. 2. Croquis de instalación de hito de nivelación

#### 5.3.2. Instalación de hitos topográficos

Se prevé la instalación y control de hitos topográficos en los siguientes tajos.

- Emboquille de salida túnel Iraeta. 10 hitos topográficos
- Emboquille de entrada túnel Arroa. 15 hitos topográficos
- Emboquille de salida túnel Arroa. 30 hitos topográficos

El emplazamiento de los hitos en cada tajo se decidirá conjuntamente entre el Adjudicatario y la Unidad de Asistencia en Obra.

#### 5.3.3. Umbrales de control y periodicidad de lecturas

Se establecen 3 umbrales de control en función de los asientos registrados en los hitos topográficos (umbral verde, ambar y rojo).

Se propone como valor general los límites de  $\pm 30$  mm y  $\pm 45$  mm para los umbrales ámbar y rojo respectivamente, aunque en el caso de afecciones a obras singulares, el valor umbral deberá ser establecido de forma individual en fase de obra en función de sus características y estado de conservación.

	UMBRAL VERDE	UMBRAL ÁMBAR	UMBRAL ROJO
Evolución movimiento (*)	< ± 30mm	Entre ± 30mm y ± 45mm	> ± 45mm

**Tabla 36. Determinación de umbrales.**

(\*) Los valores deben tomarse como una orientación a validar en fase de obra.

Se establece la siguiente frecuencia en la toma de lecturas topográficas en función del umbral de control.

Umbral	Frecuencia
Verde	Cada 2 días
Ambar	Diaria
Roja	2 diarias

**Tabla 37. Periodicidad en la toma de lecturas.**

#### 5.3.4. Informe de presentación de resultados

Las medidas se recogen en un registro de lecturas, que además deberá contener los siguientes datos:

- Identificación del tajo
- Número hito topográfico
- Coordenadas UTM hito topográfico
- Distancia del hito a la cabeza de la excavación
- Croquis de la sección con indicación de las lecturas a realizar
- Los resultados se representan en una serie de curvas asiento-tiempo y velocidad de asiento-tiempo

El criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

- Valores positivos: ascensos
- Valores negativos: descensos (asientos)

En fase de Obra el Adjudicatario de las mismas realizará de modo habitual las lecturas topográficas, para lo cual dispondrá del instrumental adecuado. Diariamente, el Adjudicatario de las Obras deberá suministrar a la Supervisión de Obras (Asistencia Técnica) las medidas realizadas durante la jornada de trabajo anterior. Esta información deberá estar contenida en formato Excel, con un archivo para cada hito.

Las lecturas topográficas por parte del Contratista, deberán ser realizadas en presencia de un vigilante de la Asistencia Técnica.

La unidad de Asistencia Técnica realizará lecturas de contraste en aquellos hitos que considere necesario, para lo cual dispondrá de su propio instrumental.

#### 5.3.5. Protocolo de actuación

Se propone a continuación la adopción de las siguientes medidas básicas de actuación, de acuerdo con los umbrales establecidos.

UMRALES DE CONTROL	MEDIDAS DE ADOPCIÓN
VERDE	Se seguirá con el control normal de movimientos y deformaciones de acuerdo a lo indicado en el Plan de Auscultación
ÁMBAR	Se incrementará la frecuencia de lecturas inicialmente fijada, evaluando la situación a partir de la velocidad del incremento de los desplazamientos y se efectuará con el proceso de ejecución según lo previsto

<b>ROJO</b>	Se completará el sostenimiento allí donde lo esté y se detendrán los trabajos de excavación hasta que se haya analizado la situación y se haya decidido las medidas a tomar por parte de la Dirección de Obra
-------------	---

**Tabla 38. Protocolo de actuación en cada umbral.**

En el cuadro anterior se menciona la necesidad de incrementar la frecuencia de lecturas al superarse los umbrales de control. De llegar a producirse se aplicarán las frecuencias que se indican en las siguientes tablas para la instrumentación colocada.

UMBRAL	FRECUENCIA DE LECTURAS
AMBAR	1 lectura diaria hasta estabilización
ROJO	2 lecturas diarias hasta estabilización

**Tabla 39. Frecuencia de lecturas al superarse los umbrales de control.**

La superación de los umbrales también llevará consigo la necesidad de avisar de la situación a los responsables técnicos de las obras. En caso de rebasar el umbral de control rojo se deberá de seguir el siguiente protocolo de actuación.

- Aviso inmediato a la Dirección de Obra por correo electrónico y teléfono.
- Parada del tajo de obra.
- Emisión Nota técnica con la descripción de la incidencia que ha producido el umbral rojo.
- inspección visual del entorno para detectar daños visibles en las estructuras colindantes:
  - Si se detectaran nuevos daños → Definir actuaciones de consolidación urgentes.
  - Si no se detectarán nuevos daños → Establecer nuevos umbrales de riesgo;.

Queda a criterio del Director de Obra el resto de acciones a acometer.

En la siguiente la Tabla se definen resumidos los protocolos de actuación a seguir.

UMBRAL DE CONTROL	DEFINICIÓN DE ACTUACIONES	
	Aviso telefónico (Inmediato)	Aviso por correo electrónico (24H)
AMBAR	Responsable de auscultación a Jefe de Obra Jefe de Obra a Dirección de Obra	Responsable de auscultación a Jefe de Obra -Jefe de Obra a Dirección de Obra
ROJO	Responsable de auscultación a Jefe de Obra, Jefe de Departamento y Jefe de Producción Jefe de Obra a Dirección de Obra, Dirección de Delegación y Servicios Técnicos de la Obra	Responsable de auscultación a Jefe de Obra y Jefe de Departamento Jefe de Obra a Dirección de Obra, Dirección de Delegación y Servicios Técnicos de la Obra

**Tabla 40. Protocolo de aviso a responsables técnicos de la obra al superarse los umbrales de control (Plan de Auscultación).**

#### 5.4. Unidades de obra y mediciones

08		Auscultación			
08.01	ud EQUIPO DE MEDIDA DE CONVERGENCIA				
ausc001	Equipo de medida de convergencia.				
		1			1.00
				Subtotal	1.00
					1.00
08.02	ud PERNO DE CONVERGENCIA PARA CINTA EXTENSOMÉTRICA DE MEDIDA DE CONVERGENCIA EN TÚNEL				
ausc002	Perno tipo arquilla de acero inoxidable para control de convergencia en túnel, con tapón de protección, anclaje con resina y p.p. de equipo para instalación y de equipo medidor de convergencias con cinta métrica inoxidable, con precisión de 0,05 mm totalmente instalada				
		45	3.00		135.00
				Subtotal	135.00
					135.00
08.03	ud HITO DE CONTROL TOPOGRÁFICO				
ausc005	Hito de control topográfico en acero inoxidable para medición de precisión y arqueta metálica con tapas				
		65			65.00
				Subtotal	65.00
					65.00
08.04	ud INFORME DE LECTURA				
ausc006	Unidad de informe de lectura de convergencias e hitos de control topográfico con seguimiento y reparación del sistema de control y medida, incluso desplazamiento de técnico especialista y equipo de medida, toma de datos, procesado y emisión de informe de resultados.				
		4	11.00		44.00
				Subtotal	44.00
					44.00

---

**Anexos.**

**ANEXO N.º 1 Pantalla de micropilotes boca norte túnel de Arroa**

**ANEXO N.º 2 Pantalla micropilotes en boca sur de Arroa.**



**ANEXO N.º 1 Pantalla de micropilotes boca norte túnel de Arroa**



## ÍNDICE

<b>1. NORMA Y MATERIALES.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ACCIONES.....</b>	<b>2</b>
<b>3. DATOS GENERALES.....</b>	<b>2</b>
<b>4. ESQUEMA DE LAS FASES.....</b>	<b>2</b>
<b>5. CARGAS.....</b>	<b>12</b>
<b>6. ELEMENTOS DE APOYO.....</b>	<b>12</b>
<b>7. RESULTADOS DE LAS FASES.....</b>	<b>12</b>
<b>8. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO.....</b>	<b>20</b>
<b>9. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD).....</b>	<b>26</b>



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-25,  $Y_c=1.5$

Clase de exposición: Clase IIa

## 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Con análisis sísmico

Aceleración de cálculo: 0.04 g

No se considera el sismo en las fases constructivas

Mayoración esfuerzos en hipótesis sísmica: 1.00

Sin considerar acciones térmicas en puntales

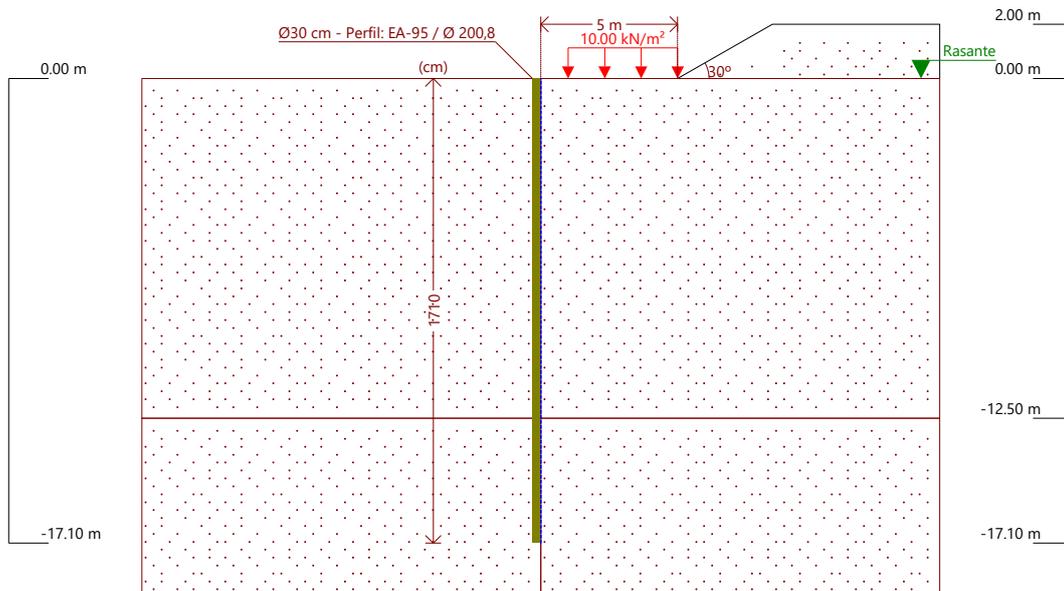
## 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

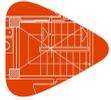
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

## 4. ESQUEMA DE LAS FASES



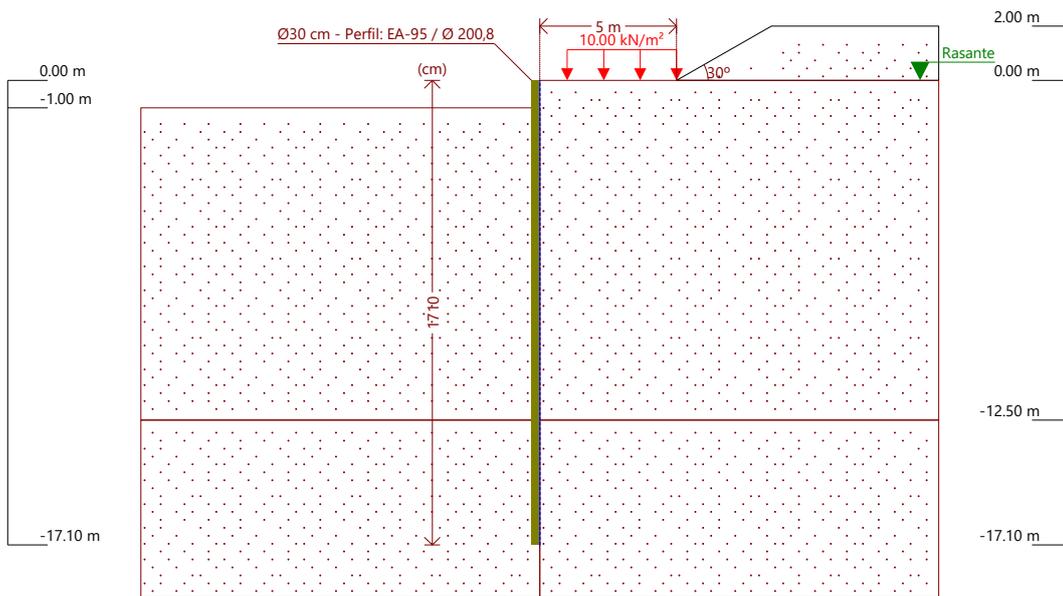
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Situación inicial	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: 0.00 m



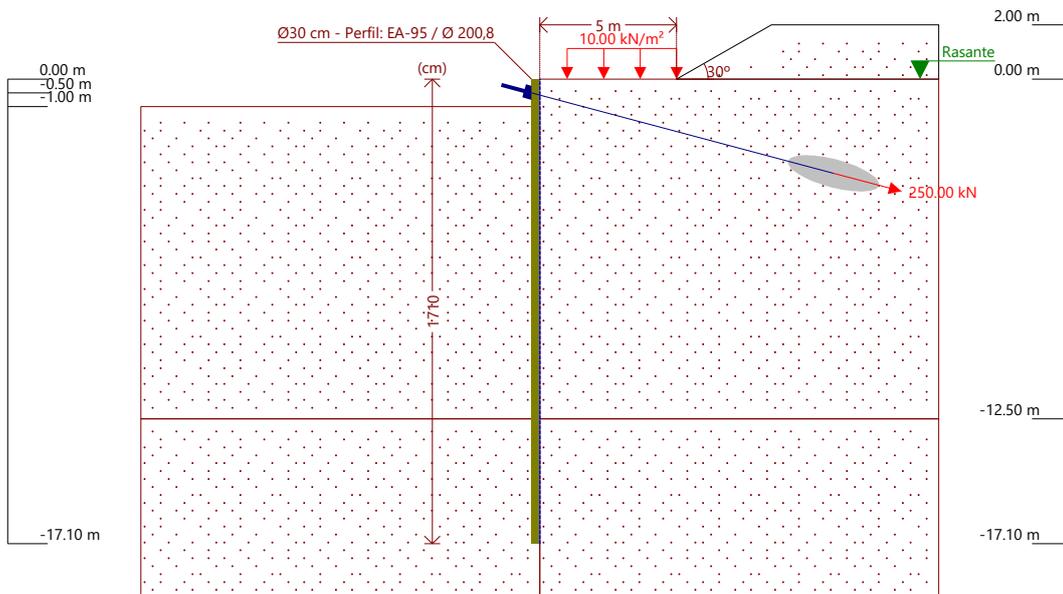
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Excavación nivel 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



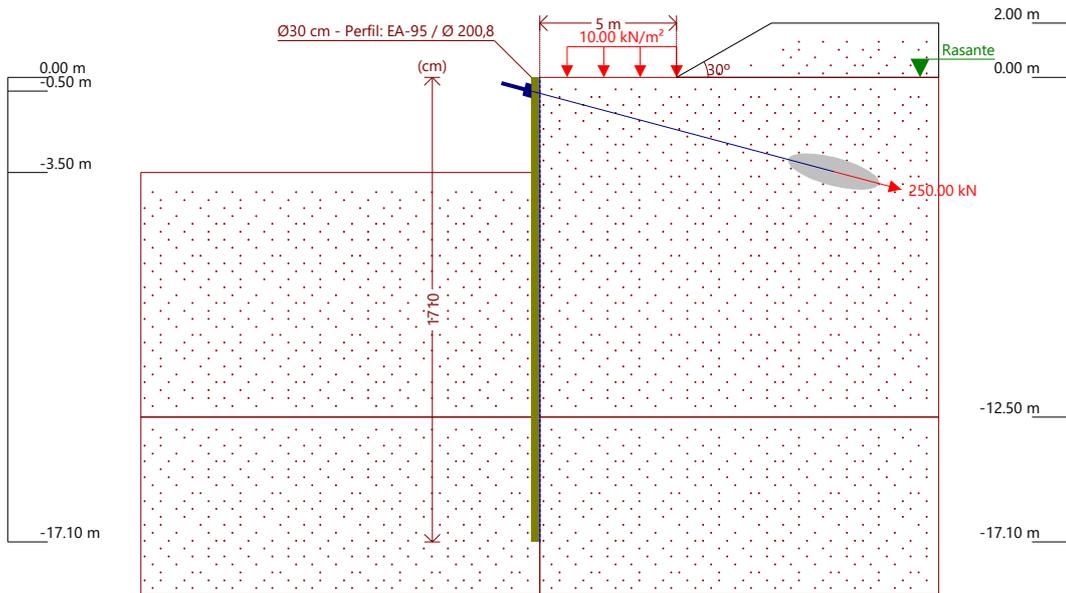
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Arriostramiento nivel 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



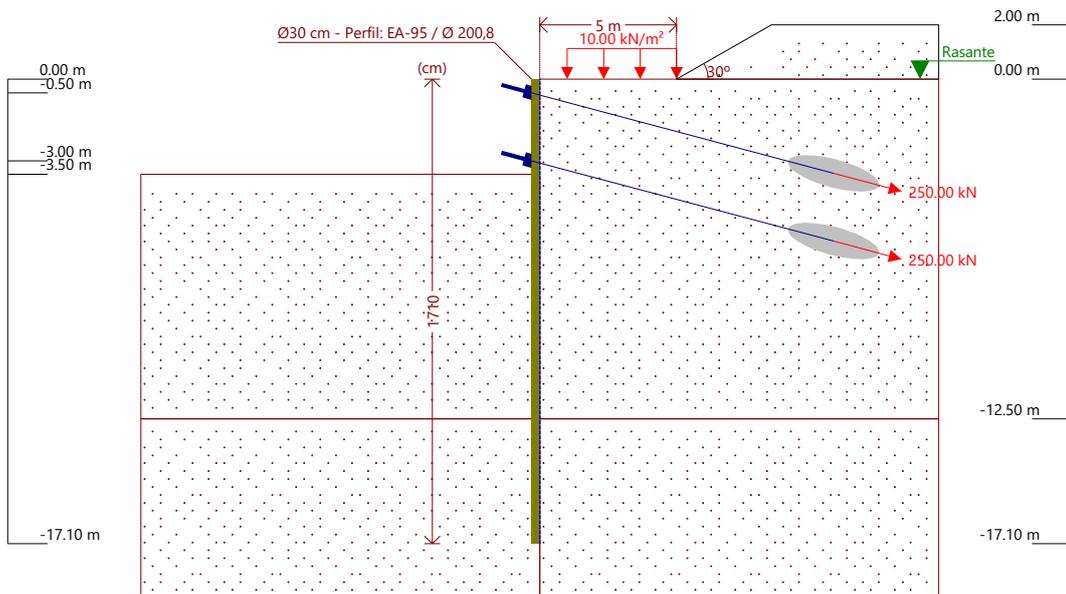
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Excavación nivel 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m



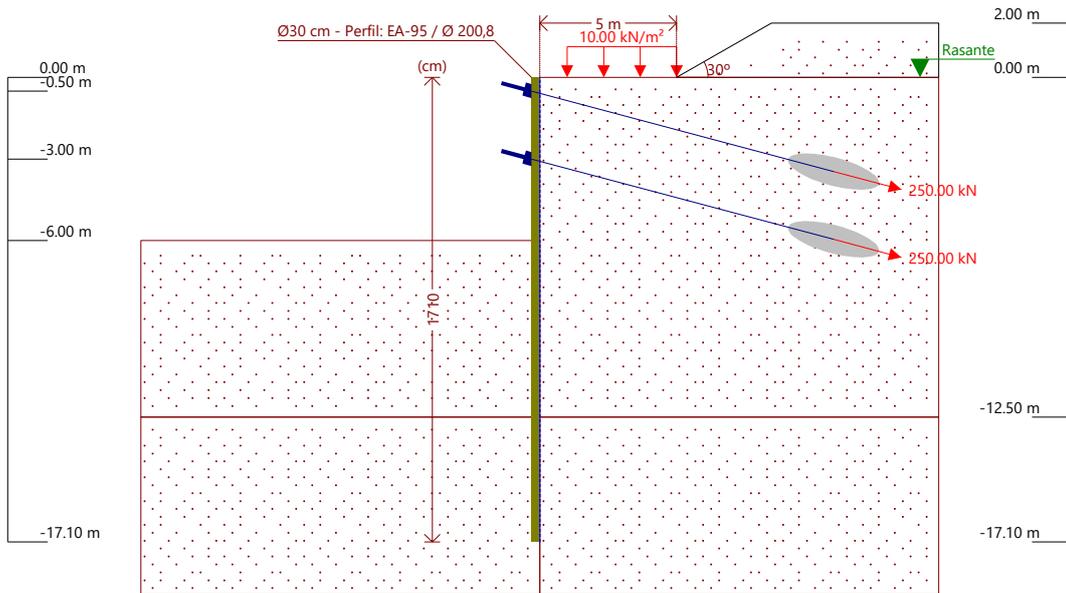
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Arriostramiento nivel 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m



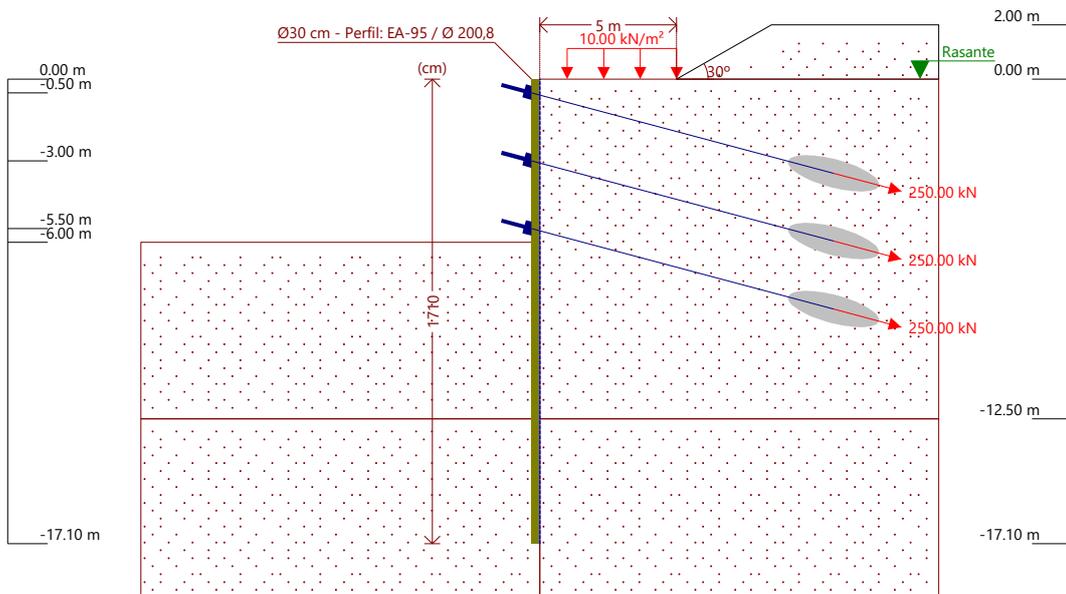
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 6	Excavación nivel 3	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.00 m



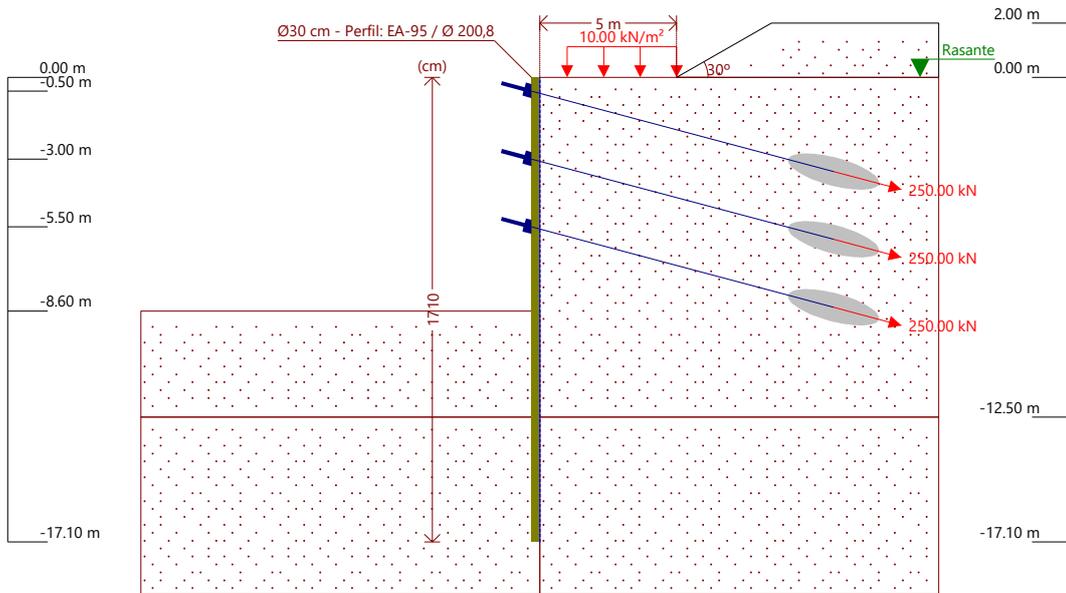
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 7	Arriostramiento nivel 3	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.00 m



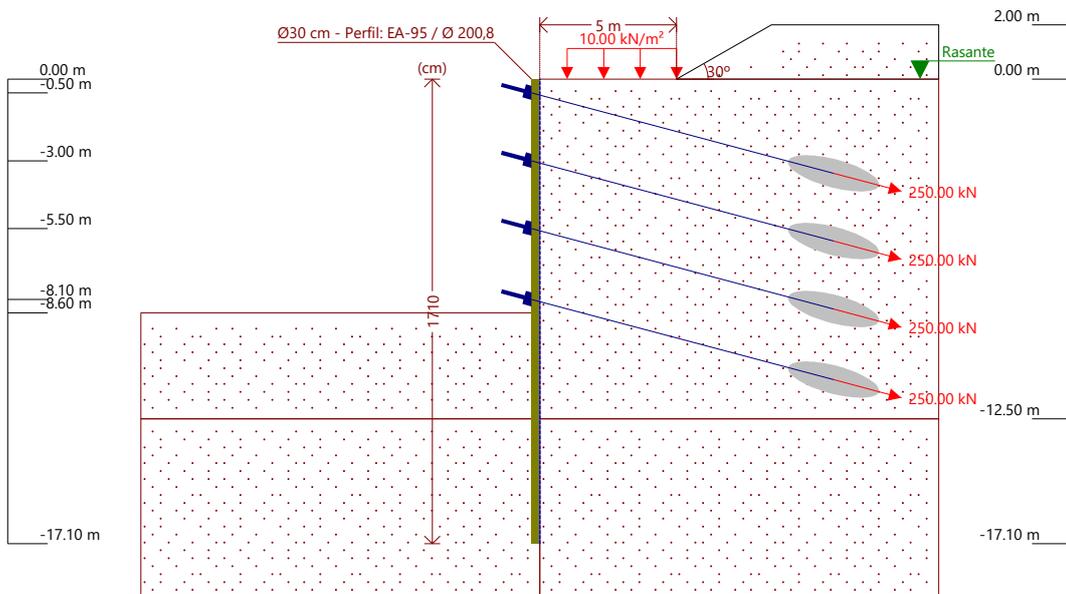
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 8	Excavación nivel 4	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -8.60 m



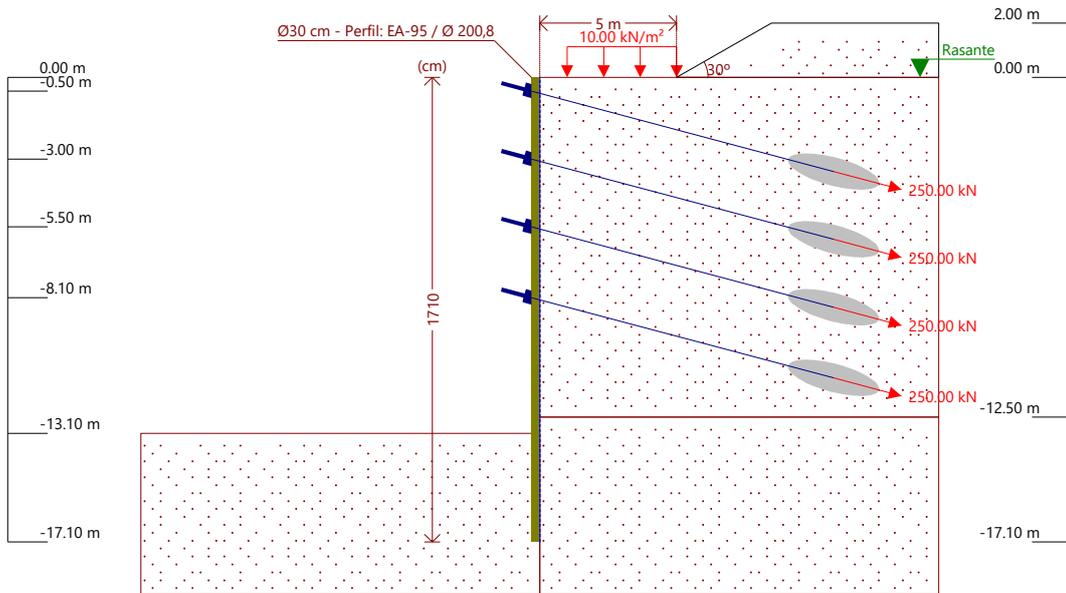
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 9	Arriostramiento nivel 4	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -8.60 m



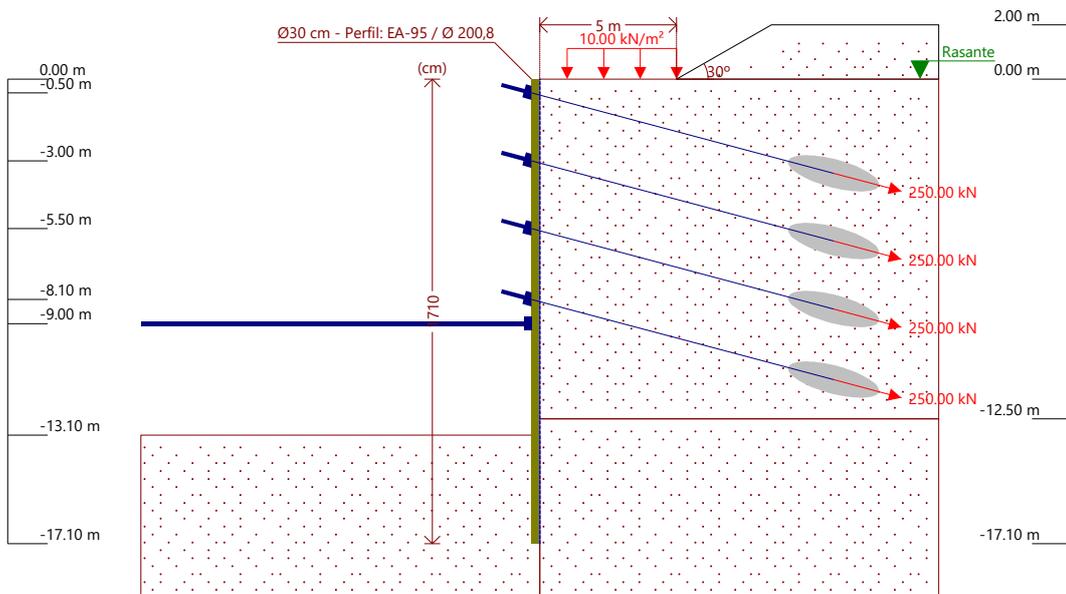
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 10	Excavacion final	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



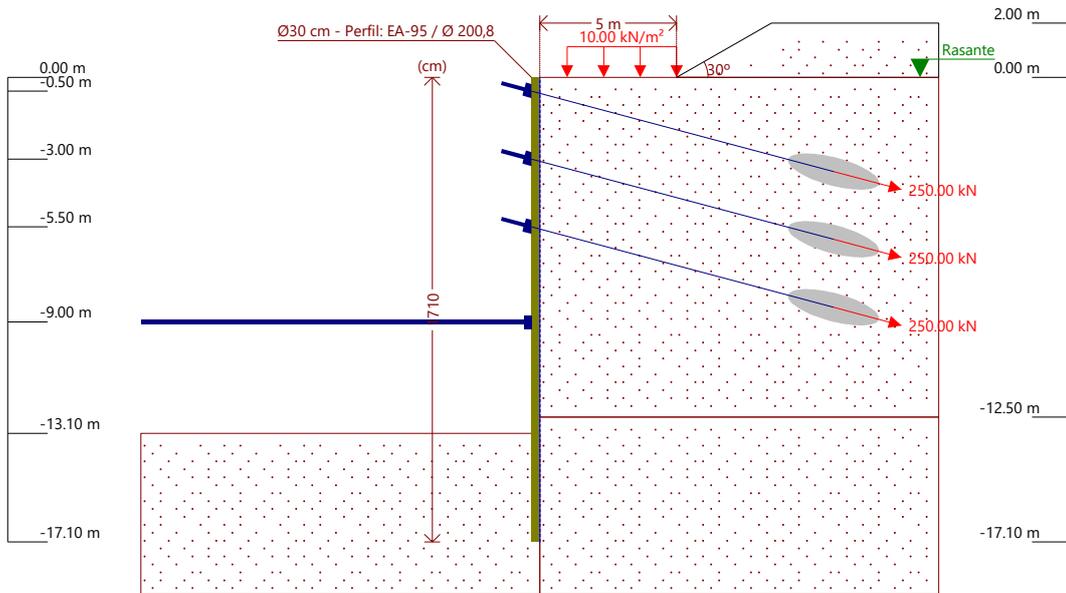
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 11	puntal 4	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



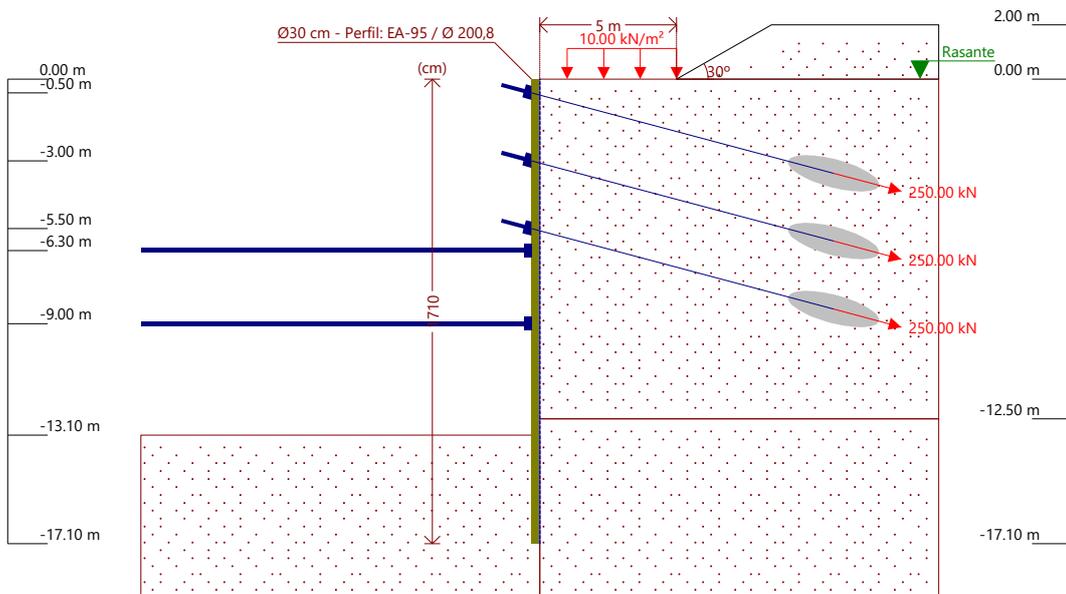
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 12	retiro arriostramiento nivel 4	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



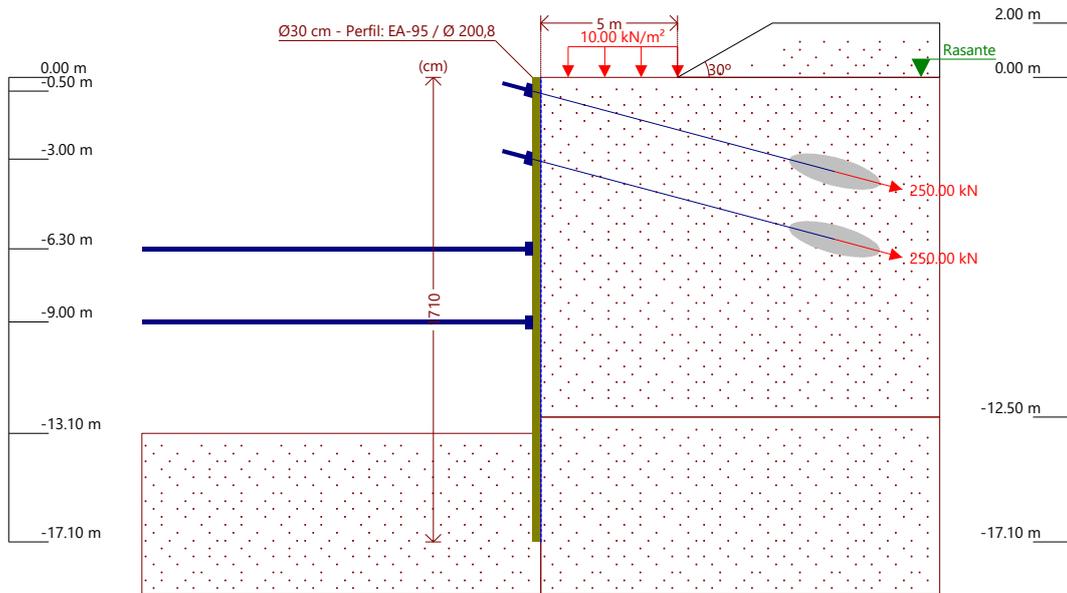
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 13	puntal 3	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



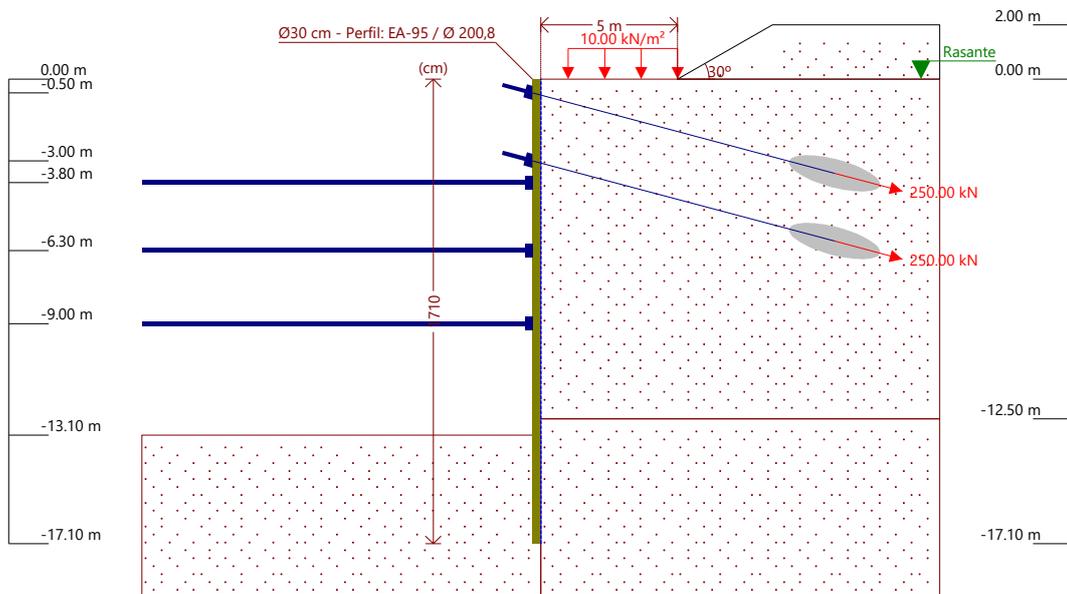
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 14	retiro arriostramiento nivel 3	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



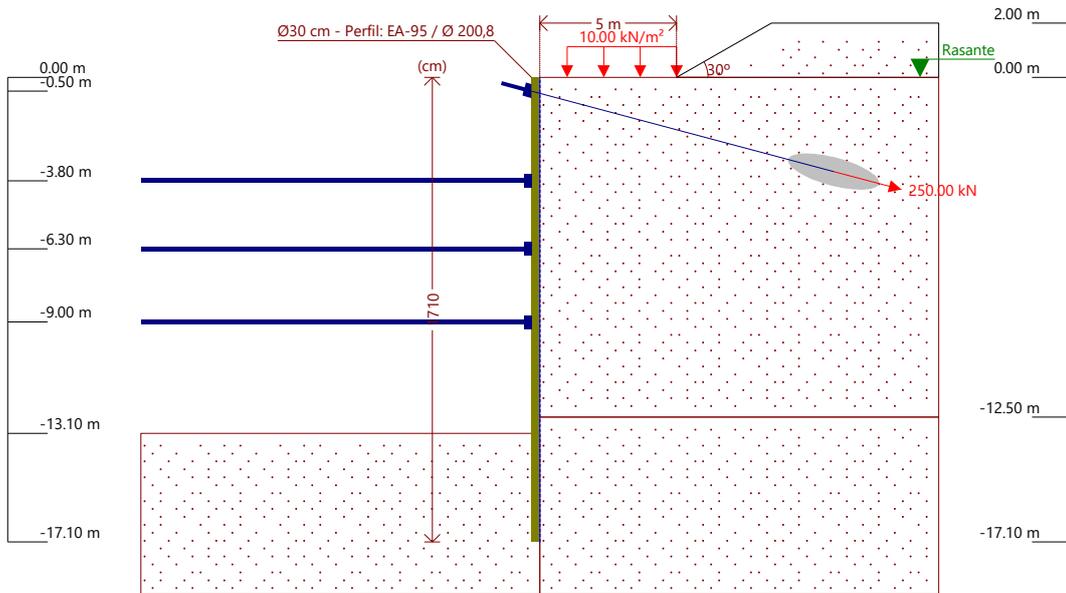
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 15	puntal 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



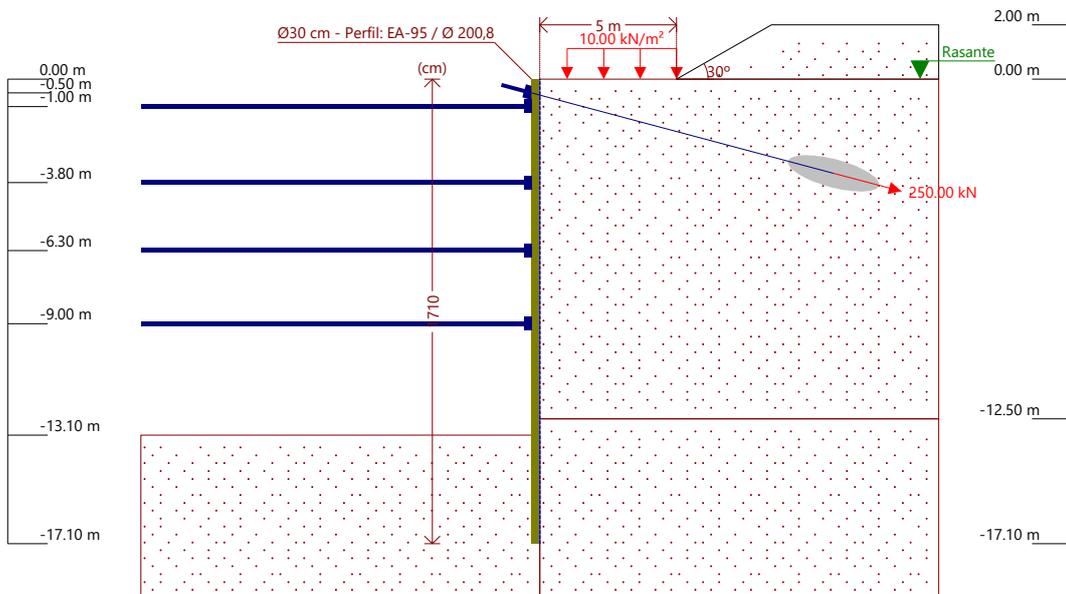
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 16	retiro arriostamiento nivel 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



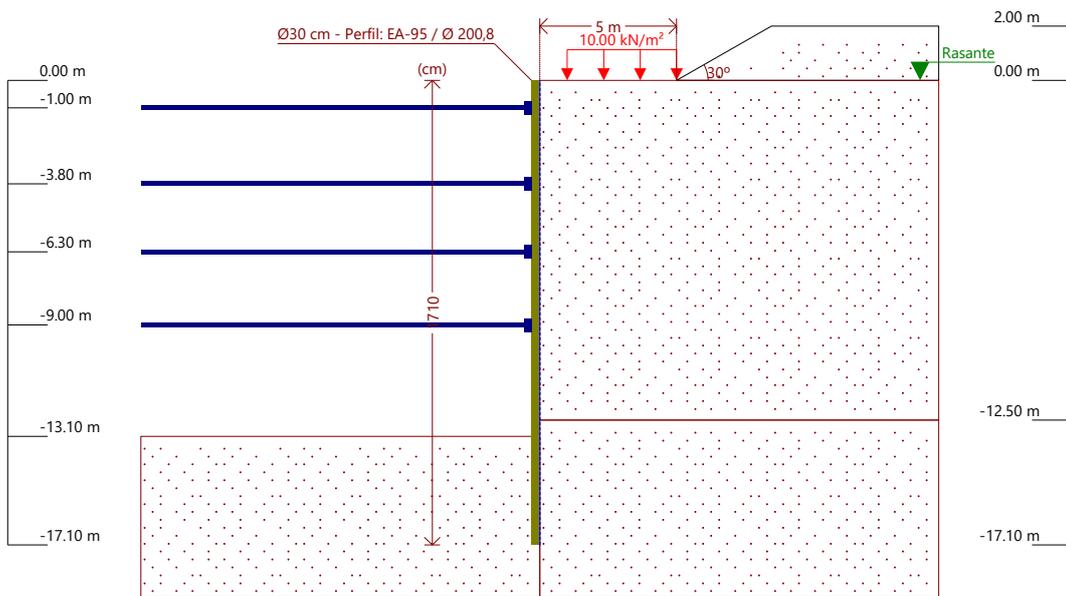
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 17	puntal 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



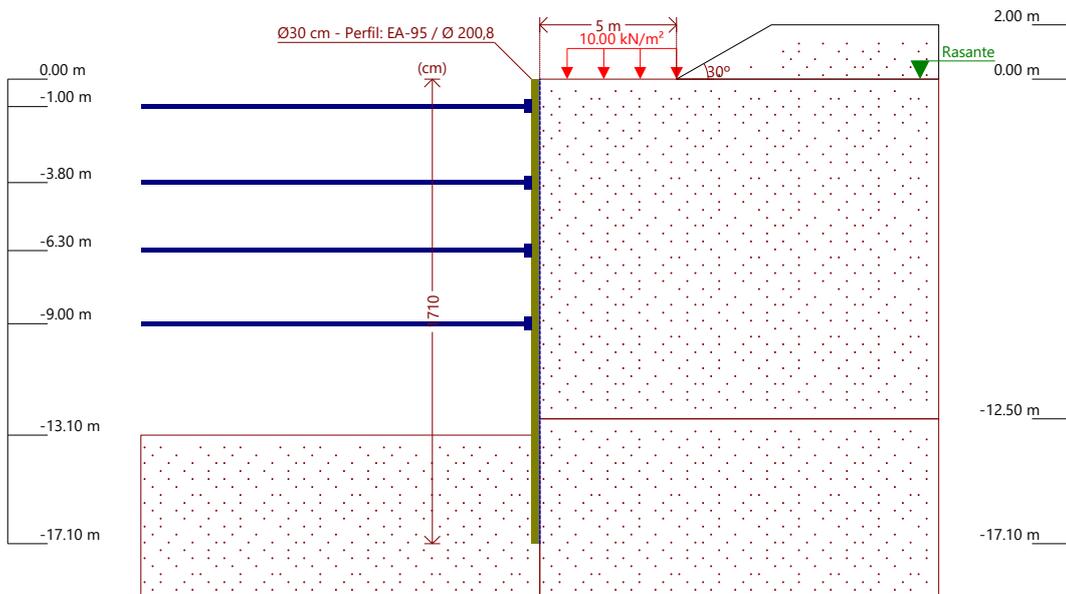
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 18	retiro arriostramiento nivel 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.10 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 19	situacion final	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -13.10 m



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## 5. CARGAS

### CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
En banda	En superficie	Valor: 10 kN/m <sup>2</sup> Ancho: 4 m Separación: 3 m	Situacion inicial	situacion final

## 6. ELEMENTOS DE APOYO

### PUNTALES

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -9.00 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	puntal 4	situacion final
Cota: -6.30 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	puntal 3	situacion final
Cota: -3.80 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	puntal 2	situacion final
Cota: -1.00 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	puntal 1	situacion final

### ANCLAJES ACTIVOS

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -3.00 m Rigidez axil: 10000 kN/m Carga: 250.00 kN Ángulo: 15 grados Separación: 3.00 m	Arriostramiento nivel 2	puntal 2
Cota: -5.50 m Rigidez axil: 10000 kN/m Carga: 250.00 kN Ángulo: 15 grados Separación: 3.00 m	Arriostramiento nivel 3	puntal 3
Cota: -8.10 m Rigidez axil: 10000 kN/m Carga: 250.00 kN Ángulo: 15 grados Separación: 3.00 m	Arriostramiento nivel 4	puntal 4
Cota: -0.50 m Rigidez axil: 100000 kN/m Carga: 250.00 kN Ángulo: 15 grados Separación: 3.00 m	Arriostramiento nivel 1	puntal 1

## 7. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## FASE 1: SITUACION INICIAL

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.08	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-1.51	-0.09	6.00	-0.06	-0.51	0.71	0.00
-3.02	-0.07	11.99	0.32	-0.08	-0.08	0.00
-4.53	-0.04	17.99	0.38	0.39	0.22	0.00
-6.04	-0.04	23.98	0.37	1.12	-1.02	0.00
-7.54	-0.13	29.98	-1.13	0.12	-0.12	0.00
-9.05	-0.23	35.97	-0.35	-1.22	0.58	0.00
-10.56	-0.23	41.97	-0.53	-1.74	0.38	0.00
-12.07	-0.08	47.96	4.51	0.37	9.41	0.00
-13.58	-0.00	53.96	-2.09	0.26	4.94	0.00
-15.09	-0.00	59.96	0.02	-0.00	-0.04	0.00
-16.60	-0.00	65.95	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.08 m	67.95 Cota: -17.10 m	9.79 Cota: -12.57 m	4.56 Cota: -12.57 m	11.59 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.24 Cota: -9.81 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-6.14 Cota: -13.08 m	-1.88 Cota: -11.06 m	-57.79 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 2: EXCAVACION NIVEL 1

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.91	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.51	-0.42	6.00	2.80	3.45	-5.43	0.00
-3.02	-0.17	11.99	-2.07	2.32	0.44	0.00
-4.53	-0.13	17.99	-0.37	0.51	1.17	0.00
-6.04	-0.15	23.98	0.43	0.99	-0.91	0.00
-7.54	-0.25	29.98	-1.08	0.13	-0.23	0.00
-9.05	-0.35	35.97	-0.55	-1.33	0.31	0.00
-10.56	-0.34	41.97	-1.00	-2.47	0.72	0.00
-12.07	-0.12	47.96	6.67	0.51	14.07	0.00
-13.58	-0.00	53.96	-3.10	0.38	7.32	0.00
-15.09	-0.00	59.96	0.03	-0.01	-0.07	0.00
-16.60	-0.00	65.95	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.08 m	67.95 Cota: -17.10 m	14.56 Cota: -12.57 m	6.74 Cota: -12.57 m	17.30 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.91 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-9.09 Cota: -13.08 m	-2.76 Cota: -11.06 m	-85.76 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 3: ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 1

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.15	0.00	0.80	0.00	6.39	0.00
-1.51	0.75	27.56	-9.34	-33.57	47.18	0.00
-3.02	-0.33	33.56	16.94	-12.38	-9.06	0.00
-4.53	-0.23	39.55	3.63	0.80	-4.98	0.00
-6.04	-0.16	45.55	-0.24	2.00	-1.17	0.00
-7.54	-0.24	51.55	-1.44	0.25	0.14	0.00
-9.05	-0.35	57.54	-0.56	-1.38	0.38	0.00
-10.56	-0.34	63.54	-0.98	-2.48	0.70	0.00
-12.07	-0.12	69.53	6.68	0.52	14.07	0.00



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-13.58	-0.00	75.53	-3.11	0.38	7.32	0.00
-15.09	-0.00	81.52	0.03	-0.01	-0.07	0.00
-16.60	-0.00	87.52	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	4.15 Cota: 0.00 m	89.52 Cota: -17.10 m	18.65 Cota: -2.51 m	6.75 Cota: -12.57 m	80.95 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.36 Cota: -9.81 m	0.00 Cota: 0.00 m	-61.61 Cota: -0.75 m	-33.57 Cota: -1.51 m	-85.80 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 4: EXCAVACION NIVEL 2

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.46	0.00	0.80	-0.00	6.39	0.00
-1.51	0.29	27.18	-12.59	-33.97	33.41	0.00
-3.02	-1.37	33.17	13.84	-26.50	15.40	0.00
-4.53	-0.90	39.17	12.44	2.46	-15.29	0.00
-6.04	-0.46	45.16	-2.44	5.82	-2.57	0.00
-7.54	-0.51	51.16	-2.83	0.87	1.35	0.00
-9.05	-0.64	57.15	-1.13	-1.83	0.02	0.00
-10.56	-0.61	63.15	-2.08	-4.37	1.49	0.00
-12.07	-0.22	69.14	12.09	0.88	25.67	0.00
-13.58	-0.01	75.14	-5.66	0.70	13.33	0.00
-15.09	-0.01	81.14	0.06	-0.01	-0.12	0.00
-16.60	-0.01	87.13	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	4.46 Cota: 0.00 m	89.13 Cota: -17.10 m	26.47 Cota: -12.57 m	12.20 Cota: -12.57 m	74.75 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.38 Cota: -3.27 m	0.00 Cota: 0.00 m	-60.17 Cota: -0.75 m	-35.02 Cota: -1.76 m	-154.94 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 5: ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 2

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.26	-0.00	0.04	-0.00	0.33	0.00
-1.76	0.31	28.22	1.55	-34.15	32.81	0.00
-3.27	-0.56	55.78	-21.99	-6.15	41.85	0.00
-5.03	-0.60	62.78	7.03	-0.44	-5.12	0.00
-6.79	-0.48	69.77	-1.49	2.37	-1.39	0.00
-8.55	-0.61	76.76	-1.67	-0.95	0.76	0.00
-10.31	-0.63	83.76	-2.18	-3.80	0.12	0.00
-12.07	-0.22	90.75	12.08	0.87	25.68	0.00
-13.83	-0.01	97.75	-2.31	0.12	6.44	0.00
-15.59	-0.01	104.74	0.01	-0.00	-0.03	0.00
Máximos	4.26 Cota: 0.00 m	110.74 Cota: -17.10 m	47.52 Cota: -3.00 m	12.18 Cota: -12.57 m	80.67 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.69 Cota: -4.02 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-61.90 Cota: -0.75 m	-34.54 Cota: -1.51 m	-154.86 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 6: EXCAVACION NIVEL 3

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.45	-0.00	0.79	0.00	6.31	0.00



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.76	0.26	27.01	8.41	-25.52	31.20	0.00
-3.27	-1.56	55.20	-34.33	2.26	16.13	0.00
-5.03	-3.10	62.19	-1.77	-26.86	21.87	0.00
-6.79	-1.97	69.19	23.22	4.79	-28.12	0.00
-8.55	-0.98	76.18	-6.52	8.30	-4.42	0.00
-10.31	-0.87	83.18	-6.11	-4.41	3.07	0.00
-12.07	-0.33	90.17	16.99	0.49	36.93	0.00
-13.83	-0.01	97.17	-3.69	0.24	9.98	0.00
-15.59	-0.01	104.16	0.02	-0.00	-0.05	0.00
Máximos	4.45 Cota: 0.00 m	110.16 Cota: -17.10 m	43.50 Cota: -3.00 m	16.57 Cota: -12.57 m	81.48 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-3.10 Cota: -5.03 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-55.83 Cota: -0.75 m	-27.64 Cota: -1.51 m	-202.05 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 7: ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 3

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.44	-0.00	0.73	-0.00	5.79	0.00
-1.76	0.24	27.20	6.39	-27.56	30.43	0.00
-3.27	-1.40	55.31	-34.93	-2.61	20.98	0.00
-5.03	-2.30	62.30	20.22	-15.17	46.68	0.00
-6.54	-1.79	89.87	10.49	-4.15	14.03	0.00
-8.30	-1.05	96.86	-1.45	6.23	-6.34	0.00
-10.06	-0.91	103.86	-5.87	-2.83	0.98	0.00
-11.82	-0.46	110.85	9.57	-3.63	28.85	0.00
-13.58	-0.01	117.85	-8.70	1.17	19.94	0.00
-15.34	-0.01	124.84	0.04	-0.01	-0.10	0.00
-17.10	-0.01	131.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	4.44 Cota: 0.00 m	131.84 Cota: -17.10 m	44.44 Cota: -5.50 m	16.60 Cota: -12.57 m	80.57 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-2.34 Cota: -4.78 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-56.95 Cota: -0.75 m	-29.16 Cota: -1.51 m	-201.73 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 8: EXCAVACION NIVEL 4

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.43	-0.00	0.69	-0.00	5.51	0.00
-1.76	0.42	26.77	11.12	-23.89	36.19	0.00
-3.27	-1.43	54.82	-22.36	15.67	20.03	0.00
-5.03	-4.65	61.81	11.53	9.88	21.87	0.00
-6.54	-8.16	92.30	-42.88	-36.38	30.05	0.00
-8.30	-8.52	99.29	20.60	-51.55	43.01	0.00
-10.06	-3.71	106.29	33.38	23.76	-55.50	0.00
-11.82	-0.66	113.28	-9.81	16.22	34.61	0.00
-13.58	-0.01	120.28	-11.42	1.39	27.07	0.00
-15.34	-0.02	127.27	0.06	-0.01	-0.14	0.00
-17.10	-0.02	134.26	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	4.43 Cota: 0.00 m	134.26 Cota: -17.10 m	53.57 Cota: -3.00 m	29.94 Cota: -10.56 m	81.48 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-9.21 Cota: -7.54 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-68.64 Cota: -5.53 m	-59.25 Cota: -7.80 m	-214.08 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## FASE 9: ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 4

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.44	0.00	0.73	0.00	5.82	0.00
-1.76	0.41	26.74	11.22	-23.67	35.85	0.00
-3.27	-1.48	54.81	-23.52	15.21	18.62	0.00
-5.03	-4.65	61.80	9.67	6.23	21.87	0.00
-6.54	-7.80	92.23	-39.03	-39.67	41.35	0.00
-8.10	-7.94	98.44	60.33	-29.00	70.20	0.00
-9.81	-4.25	126.79	41.50	8.59	-28.72	0.00
-11.57	-0.95	133.79	-11.38	17.07	16.86	0.00
-13.33	-0.01	140.78	-23.35	4.44	45.63	0.00
-15.09	-0.02	147.77	0.12	-0.02	-0.25	0.00
-16.85	-0.02	154.77	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	4.44 Cota: 0.00 m	155.77 Cota: -17.10 m	60.33 Cota: -8.10 m	26.04 Cota: -12.57 m	81.47 Cota: -1.01 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-8.48 Cota: -7.29 m	0.00 Cota: 0.00 m	-70.05 Cota: -5.53 m	-52.12 Cota: -7.29 m	-222.23 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 10: EXCAVACION FINAL

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.41	0.00	0.62	-0.00	4.90	0.00
-1.76	0.51	26.69	12.29	-23.38	38.92	0.00
-3.27	-1.33	54.62	-15.48	22.49	23.36	0.00
-5.03	-5.39	61.62	20.48	31.99	21.87	0.00
-6.54	-11.61	93.21	-38.07	-5.06	30.05	0.00
-8.10	-17.94	107.76	25.41	-16.80	42.20	0.00
-9.81	-20.89	136.11	-17.43	-104.59	49.19	0.00
-11.57	-12.82	143.10	74.68	-44.47	56.53	0.00
-13.33	-0.79	150.10	133.13	167.50	-986.32	0.00
-15.09	-0.02	157.09	-2.17	-1.52	15.89	0.00
-16.85	-0.02	164.09	-0.00	0.00	-0.04	0.00
Máximos	4.41 Cota: 0.00 m	165.09 Cota: -17.10 m	133.13 Cota: -12.57 m	167.50 Cota: -13.33 m	261.08 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-21.06 Cota: -9.56 m	0.00 Cota: 0.00 m	-214.33 Cota: -13.83 m	-105.86 Cota: -10.06 m	-986.32 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 11: PUNTAL 4

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.41	0.00	0.62	0.00	4.91	0.00
-1.76	0.51	26.69	12.30	-23.38	38.92	0.00
-3.27	-1.33	54.62	-15.49	22.49	23.34	0.00
-5.03	-5.39	61.62	20.45	31.96	21.87	0.00
-6.54	-11.60	93.21	-38.09	-5.14	30.08	0.00
-8.10	-17.93	107.75	25.66	-16.78	42.52	0.00
-9.56	-21.05	135.10	-29.96	-100.07	48.55	0.00
-11.32	-14.59	142.10	60.74	-63.33	55.54	0.00
-13.08	-1.94	149.09	133.17	134.01	0.00	0.00
-14.84	-0.01	156.09	-16.55	-0.97	57.16	0.00
-16.60	-0.02	163.08	0.06	0.00	-0.27	0.00



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
Máximos	4.41 Cota: 0.00 m	165.08 Cota: -17.10 m	133.18 Cota: -12.57 m	167.49 Cota: -13.33 m	261.07 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-21.05 Cota: -9.56 m	0.00 Cota: 0.00 m	-214.32 Cota: -13.83 m	-105.86 Cota: -10.06 m	-986.32 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 12: RETIRO ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 4

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.52	0.00	0.80	0.00	6.39	0.00
-1.76	0.53	25.88	16.51	-18.75	39.58	0.00
-3.27	-1.80	54.09	-18.38	30.32	16.13	0.00
-5.03	-7.14	61.08	14.18	29.29	21.87	0.00
-6.54	-14.23	94.42	-50.88	-24.03	30.05	0.00
-8.30	-20.04	101.42	12.60	-53.28	43.01	0.00
-9.81	-20.37	107.41	-47.01	-81.22	65.35	0.00
-11.57	-12.62	114.41	69.02	-46.64	62.77	0.00
-13.33	-0.79	121.40	137.85	166.02	-986.32	0.00
-15.09	-0.02	128.40	-2.27	-1.51	16.15	0.00
-16.85	-0.02	135.39	-0.00	0.00	-0.04	0.00
Máximos	4.52 Cota: 0.00 m	136.39 Cota: -17.10 m	137.85 Cota: -13.08 m	166.02 Cota: -13.33 m	259.24 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.68 Cota: -9.30 m	-0.69 Cota: -0.50 m	-212.26 Cota: -13.83 m	-92.37 Cota: -10.31 m	-986.32 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 13: PUNTAL 3

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.52	0.00	0.80	-0.00	6.39	0.00
-1.76	0.53	25.88	16.51	-18.75	39.58	0.00
-3.27	-1.80	54.09	-18.38	30.32	16.13	0.00
-5.03	-7.14	61.08	14.18	29.29	21.87	0.00
-6.30	-13.05	93.48	-50.88	-11.91	28.16	0.00
-8.05	-19.61	100.42	2.04	-56.45	41.99	0.00
-9.56	-20.61	106.41	-62.62	-69.40	62.07	0.00
-11.32	-14.33	113.41	52.97	-64.00	63.82	0.00
-13.08	-1.95	120.40	137.85	131.36	0.00	0.00
-14.84	-0.01	127.40	-16.77	-0.94	57.65	0.00
-16.60	-0.02	134.39	0.06	0.00	-0.27	0.00
Máximos	4.52 Cota: 0.00 m	136.39 Cota: -17.10 m	137.85 Cota: -12.83 m	166.02 Cota: -13.33 m	259.24 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.68 Cota: -9.30 m	-0.69 Cota: -0.50 m	-212.26 Cota: -13.83 m	-92.37 Cota: -10.31 m	-986.32 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 14: RETIRO ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 3

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.79	0.00	0.80	0.00	6.39	0.00
-1.76	0.34	24.64	20.12	-13.24	33.77	0.00
-3.27	-2.78	53.53	-32.36	27.44	16.13	0.00
-5.03	-8.57	60.52	0.20	1.79	21.87	0.00



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-6.54	-14.06	66.52	-76.30	6.29	35.10	0.00
-8.30	-19.88	73.52	2.26	-52.88	47.97	0.00
-9.81	-20.43	79.51	-43.71	-83.84	63.56	0.00
-11.57	-12.64	86.51	69.66	-46.40	62.08	0.00
-13.33	-0.79	93.50	137.31	166.12	-985.26	0.00
-15.09	-0.02	100.50	-2.27	-1.51	16.14	0.00
-16.85	-0.02	107.49	-0.00	0.00	-0.04	0.00
Máximos	4.79 Cota: 0.00 m	108.49 Cota: -17.10 m	137.31 Cota: -13.33 m	166.12 Cota: -13.33 m	259.36 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.71 Cota: -9.30 m	-1.93 Cota: -0.50 m	-212.37 Cota: -13.83 m	-93.67 Cota: -10.31 m	-985.26 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 15: PUNTAL 2

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.79	0.00	0.80	-0.00	6.39	0.00
-1.76	0.34	24.64	20.12	-13.24	33.77	0.00
-3.27	-2.78	53.53	-32.36	27.44	16.13	0.00
-4.78	-7.71	59.53	-5.08	1.74	20.98	0.00
-6.30	-13.06	65.57	37.19	24.47	28.16	0.00
-8.05	-19.39	72.52	-10.04	-53.45	48.88	0.00
-9.56	-20.66	78.51	-58.94	-72.85	60.55	0.00
-11.32	-14.36	85.51	53.85	-63.91	62.89	0.00
-13.08	-1.95	92.50	137.17	131.59	0.55	0.00
-14.84	-0.01	99.50	-16.77	-0.94	57.65	0.00
-16.60	-0.02	106.49	0.06	0.00	-0.27	0.00
Máximos	4.79 Cota: 0.00 m	108.49 Cota: -17.10 m	137.31 Cota: -13.33 m	166.12 Cota: -13.33 m	259.36 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.71 Cota: -9.30 m	-1.93 Cota: -0.50 m	-212.37 Cota: -13.83 m	-93.67 Cota: -10.31 m	-985.26 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 16: RETIRO ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 2

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.98	0.00	0.80	-0.00	6.39	0.00
-1.76	-0.20	24.83	10.08	-19.06	16.65	0.00
-3.52	-3.77	31.82	35.98	24.41	16.88	0.00
-5.03	-8.40	37.82	-10.38	7.60	27.34	0.00
-6.54	-14.08	43.81	-73.73	3.23	34.59	0.00
-8.30	-19.90	50.81	3.30	-52.92	47.47	0.00
-9.81	-20.42	56.80	-44.04	-83.58	63.74	0.00
-11.57	-12.64	63.80	69.60	-46.42	62.15	0.00
-13.33	-0.79	70.79	137.36	166.11	-985.37	0.00
-15.09	-0.02	77.79	-2.27	-1.51	16.15	0.00
-16.85	-0.02	84.78	-0.00	0.00	-0.04	0.00
Máximos	4.98 Cota: 0.00 m	85.78 Cota: -17.10 m	137.36 Cota: -13.33 m	166.11 Cota: -13.33 m	259.35 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.71 Cota: -9.30 m	-1.74 Cota: -0.50 m	-212.36 Cota: -13.83 m	-93.54 Cota: -10.31 m	-985.37 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## FASE 17: PUNTAL 1

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	5.00	0.00	0.80	-0.00	6.39	0.00
-1.76	-0.19	24.68	9.75	-19.03	17.04	0.00
-3.52	-3.77	31.68	36.00	24.31	16.90	0.00
-5.03	-8.40	37.67	-10.33	7.58	27.31	0.00
-6.54	-14.08	43.67	-73.74	3.25	34.59	0.00
-8.30	-19.90	50.66	3.29	-52.92	47.47	0.00
-9.81	-20.42	56.66	-44.04	-83.58	63.74	0.00
-11.57	-12.64	63.65	69.60	-46.42	62.15	0.00
-13.33	-0.79	70.65	137.36	166.11	-985.37	0.00
-15.09	-0.02	77.64	-2.27	-1.51	16.15	0.00
-16.85	-0.02	84.64	-0.00	0.00	-0.04	0.00
Máximos	5.00 Cota: 0.00 m	85.64 Cota: -17.10 m	137.36 Cota: -13.33 m	166.11 Cota: -13.33 m	259.35 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.71 Cota: -9.30 m	-1.88 Cota: -0.50 m	-212.36 Cota: -13.83 m	-93.54 Cota: -10.31 m	-985.37 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 18: RETIRO ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 1

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.05	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-1.76	0.04	6.99	-5.66	-6.04	24.43	0.00
-3.52	-3.73	13.99	30.60	21.81	18.08	0.00
-5.03	-8.43	19.99	-8.45	6.55	26.33	0.00
-6.54	-14.08	25.98	-74.20	3.79	34.68	0.00
-8.30	-19.90	32.98	3.11	-52.91	47.56	0.00
-9.81	-20.42	38.97	-43.98	-83.63	63.71	0.00
-11.57	-12.64	45.97	69.61	-46.42	62.13	0.00
-13.33	-0.79	52.96	137.35	166.11	-985.35	0.00
-15.09	-0.02	59.96	-2.27	-1.51	16.15	0.00
-16.85	-0.02	66.95	-0.00	0.00	-0.04	0.00
Máximos	4.05 Cota: 0.00 m	67.95 Cota: -17.10 m	137.35 Cota: -13.33 m	166.11 Cota: -13.33 m	259.35 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.71 Cota: -9.30 m	0.00 Cota: 0.00 m	-212.36 Cota: -13.83 m	-93.57 Cota: -10.31 m	-985.35 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 19: SITUACION FINAL

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.05	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-1.76	0.04	6.99	-5.66	-6.04	24.43	0.00
-3.52	-3.73	13.99	30.60	21.81	18.08	0.00
-5.03	-8.43	19.99	-8.45	6.55	26.33	0.00
-6.54	-14.08	25.98	-74.20	3.79	34.68	0.00
-8.30	-19.90	32.98	3.11	-52.91	47.56	0.00
-9.81	-20.42	38.97	-43.98	-83.63	63.71	0.00
-11.57	-12.64	45.97	69.61	-46.42	62.13	0.00
-13.33	-0.79	52.96	137.35	166.11	-985.35	0.00
-15.09	-0.02	59.96	-2.27	-1.51	16.15	0.00
-16.85	-0.02	66.95	-0.00	0.00	-0.04	0.00



## Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
Máximos	4.05 Cota: 0.00 m	67.95 Cota: -17.10 m	137.35 Cota: -13.33 m	166.11 Cota: -13.33 m	259.35 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.71 Cota: -9.30 m	0.00 Cota: 0.00 m	-212.36 Cota: -13.83 m	-93.57 Cota: -10.31 m	-985.35 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

### CON SISMO

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	4.06	0.00	0.03	-0.00	0.25	0.00
-1.76	0.03	6.99	-6.19	-6.38	25.30	0.00
-3.52	-3.73	13.99	32.37	22.55	20.19	0.00
-5.03	-8.46	19.99	-9.35	5.54	28.49	0.00
-6.54	-14.08	25.98	-77.57	4.62	39.48	0.00
-8.30	-19.89	32.98	5.57	-52.04	51.42	0.00
-9.81	-20.51	38.97	-48.22	-84.31	67.97	0.00
-11.57	-12.79	45.97	70.71	-48.73	65.32	0.00
-13.33	-0.82	52.96	136.78	167.00	-967.82	0.00
-15.09	-0.02	59.96	-2.42	-1.52	16.66	0.00
-16.85	-0.03	66.95	-0.00	0.00	-0.05	0.00
Máximos	4.06 Cota: 0.00 m	67.95 Cota: -17.10 m	136.78 Cota: -12.57 m	167.00 Cota: -13.33 m	262.35 Cota: -14.08 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-20.74 Cota: -9.30 m	0.00 Cota: 0.00 m	-213.71 Cota: -13.83 m	-95.62 Cota: -10.31 m	-967.82 Cota: -13.33 m	0.00 Cota: 0.00 m

## 8. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## Puntales

Cota: -9.00 m	
Fase	Resultado
puntal 4	Carga puntual: 1.24 kN Carga lineal: 1.24 kN/m
retiro arriostramiento nivel 4	Carga puntual: 134.76 kN Carga lineal: 134.76 kN/m
puntal 3	Carga puntual: 134.76 kN Carga lineal: 134.76 kN/m
retiro arriostramiento nivel 3	Carga puntual: 122.75 kN Carga lineal: 122.75 kN/m
puntal 2	Carga puntual: 122.75 kN Carga lineal: 122.75 kN/m
retiro arriostramiento nivel 2	Carga puntual: 123.96 kN Carga lineal: 123.96 kN/m
puntal 1	Carga puntual: 123.95 kN Carga lineal: 123.95 kN/m
retiro arriostramiento nivel 1	Carga puntual: 123.74 kN Carga lineal: 123.74 kN/m
situacion final	Carga puntual: 123.74 kN Carga lineal: 123.74 kN/m Carga puntual (Hipótesis sísmica): 137.70 kN Carga lineal (Hipótesis sísmica): 137.70 kN/m

Cota: -6.30 m	
Fase	Resultado
puntal 3	Carga puntual: 9.24 kN Carga lineal: 9.24 kN/m
retiro arriostramiento nivel 3	Carga puntual: 113.49 kN Carga lineal: 113.49 kN/m
puntal 2	Carga puntual: 113.49 kN Carga lineal: 113.49 kN/m
retiro arriostramiento nivel 2	Carga puntual: 104.61 kN Carga lineal: 104.61 kN/m
puntal 1	Carga puntual: 104.65 kN Carga lineal: 104.65 kN/m
retiro arriostramiento nivel 1	Carga puntual: 106.22 kN Carga lineal: 106.22 kN/m
situacion final	Carga puntual: 106.22 kN Carga lineal: 106.22 kN/m Carga puntual (Hipótesis sísmica): 117.80 kN Carga lineal (Hipótesis sísmica): 117.80 kN/m

Cota: -3.80 m	
Fase	Resultado
puntal 2	SE PRODUCE DESPEGUE: 0.00 mm
retiro arriostramiento nivel 2	Carga puntual: 79.69 kN Carga lineal: 79.69 kN/m
puntal 1	Carga puntual: 79.66 kN Carga lineal: 79.66 kN/m
retiro arriostramiento nivel 1	Carga puntual: 71.83 kN Carga lineal: 71.83 kN/m



## Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota: -3.80 m	
Fase	Resultado
situacion final	Carga puntual: 71.83 kN Carga lineal: 71.83 kN/m Carga puntual (Hipótesis sísmica): 77.79 kN Carga lineal (Hipótesis sísmica): 77.79 kN/m

Cota: -1.00 m	
Fase	Resultado
puntal 1	SE PRODUCE DESPEGUE: 0.02 mm
retiro arriostramiento nivel 1	SE PRODUCE DESPEGUE: 0.01 mm
situacion final	SE PRODUCE DESPEGUE: 0.01 mm



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## Anclajes activos

Cota: -3.00 m	
Fase	Resultado
Arriostramiento nivel 2	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 250.00 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 83.33 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 241.48 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 80.49 kN/m
Excavacion nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 257.22 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 85.74 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 248.45 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 82.82 kN/m
Arriostramiento nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 256.28 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 85.43 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 247.55 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 82.52 kN/m
Excavacion nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 255.53 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 85.18 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 246.82 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 82.27 kN/m
Arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 255.90 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 85.30 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 247.18 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 82.39 kN/m
Excavacion final	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 254.34 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 84.78 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 245.67 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 81.89 kN/m
puntal 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 254.34 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 84.78 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 245.68 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 81.89 kN/m
retiro arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 257.53 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 85.84 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 248.75 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 82.92 kN/m
puntal 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 257.53 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 85.84 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 248.75 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 82.92 kN/m
retiro arriostramiento nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 265.42 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 88.47 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 256.37 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 85.46 kN/m
puntal 2	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 265.42 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 88.47 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 256.37 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 85.46 kN/m

Cota: -5.50 m	
Fase	Resultado
Arriostramiento nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 250.00 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 83.33 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 241.48 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 80.49 kN/m



## Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota: -5.50 m	
Fase	Resultado
Excavacion nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 283.87 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 94.62 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 274.19 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 91.40 kN/m
Arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 283.21 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 94.40 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 273.56 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 91.19 kN/m
Excavacion final	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 296.70 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 98.90 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 286.59 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 95.53 kN/m
puntal 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 296.71 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 98.90 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 286.60 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 95.53 kN/m
retiro arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 316.94 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 105.65 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 306.14 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 102.05 kN/m
puntal 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 316.94 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 105.65 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 306.14 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 102.05 kN/m

Cota: -8.10 m	
Fase	Resultado
Arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 250.00 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 83.33 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 241.48 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 80.49 kN/m
Excavacion final	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 346.64 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 115.55 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 334.83 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 111.61 kN/m
puntal 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 346.55 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 115.52 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 334.74 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 111.58 kN/m

Cota: -0.50 m	
Fase	Resultado
Arriostramiento nivel 1	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 250.00 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 83.33 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 241.48 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 80.49 kN/m
Excavacion nivel 2	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 244.69 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 81.56 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 236.35 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 78.78 kN/m
Arriostramiento nivel 2	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 245.28 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 81.76 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 236.92 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 78.97 kN/m



## Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota: -0.50 m	
Fase	Resultado
Excavacion nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 231.27 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 77.09 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 223.39 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 74.46 kN/m
Arriostramiento nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 233.48 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 77.83 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 225.53 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 75.18 kN/m
Excavacion nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 228.57 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 76.19 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 220.78 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 73.59 kN/m
Arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 228.11 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 76.04 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 220.34 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 73.45 kN/m
Excavacion final	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 227.56 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 75.85 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 219.81 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 73.27 kN/m
puntal 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 227.56 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 75.85 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 219.80 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 73.27 kN/m
retiro arriostramiento nivel 4	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 218.16 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 72.72 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 210.73 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 70.24 kN/m
puntal 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 218.16 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 72.72 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 210.73 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 70.24 kN/m
retiro arriostramiento nivel 3	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 203.72 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 67.91 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 196.78 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 65.59 kN/m
puntal 2	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 203.72 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 67.91 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 196.78 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 65.59 kN/m
retiro arriostramiento nivel 2	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 205.83 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 68.61 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 198.81 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 66.27 kN/m
puntal 1	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 204.14 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 68.05 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 197.18 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 65.73 kN/m



## 9. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): arroa_04_v00 (con anclajes provisionales)		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Situacion inicial:</li> <li>- Excavacion nivel 1:</li> <li>- Arriostramiento nivel 1:</li> <li>- Excavacion nivel 2:</li> <li>- Arriostramiento nivel 2:</li> <li>- Excavacion nivel 3:</li> <li>- Arriostramiento nivel 3:</li> <li>- Excavacion nivel 4:</li> <li>- Arriostramiento nivel 4:</li> <li>- Excavacion final:</li> <li>- puntal 4:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 4:</li> <li>- puntal 3:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 3:</li> <li>- puntal 2:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 2:</li> <li>- puntal 1:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 1:</li> <li>- situacion final:</li> </ul> <p><sup>(1)</sup> Existe más de un apoyo.</p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 20.906</p> <p>Calculado: 18.082</p> <p>Calculado: 63.312</p> <p>Calculado: 54.54</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>No procede<sup>(1)</sup></p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p><i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis básica:</li> <li>- Situacion inicial:</li> <li>- Excavacion nivel 1:</li> <li>- Arriostramiento nivel 1:</li> <li>- Excavacion nivel 2:</li> <li>- Arriostramiento nivel 2:</li> <li>- Excavacion nivel 3:</li> <li>- Arriostramiento nivel 3:</li> <li>- Excavacion nivel 4:</li> <li>- Arriostramiento nivel 4:</li> <li>- Excavacion final:</li> <li>- puntal 4:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 4:</li> <li>- puntal 3:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 3:</li> <li>- puntal 2:</li> <li>- retiro arriostramiento nivel 2:</li> </ul>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 14.533</p> <p>Calculado: 14.15</p> <p>Calculado: 14.283</p> <p>Calculado: 13.308</p> <p>Calculado: 13.524</p> <p>Calculado: 12.622</p> <p>Calculado: 12.858</p> <p>Calculado: 12.326</p> <p>Calculado: 12.58</p> <p>Calculado: 9.174</p> <p>Calculado: 9.173</p> <p>Calculado: 9.13</p> <p>Calculado: 9.13</p> <p>Calculado: 9.134</p> <p>Calculado: 9.134</p> <p>Calculado: 9.133</p>	<p>Cumple</p>



## Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): arroa_04_v00 (con anclajes provisionales)		
Comprobación	Valores	Estado
- puntal 1:	Calculado: 9.133	Cumple
- retiro arriostramiento nivel 1:	Calculado: 9.133	Cumple
- situacion final:	Calculado: 9.133	Cumple
- Hipótesis sísmica. situacion final:	Mínimo: 1.25 Calculado: 8.763	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

**Fallo estructural de micropilotes. (Según Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera)**

Datos de partida

dp.	Diámetro de perforación. (tabla 4.1)		dp := 300 mm	
D.	Diámetro nominal de micropilote. (tabla 4.1)	D := dp		D = 300.00 mm
fck.	Resistencia característica del mortero a compresión simple.			f <sub>ck</sub> := 30 MPa
ace_s.	Acero armaduras corrugadas. (1) B400S (2) B500S		ace_s := 2	
ace_y.	Acero armadura tubular. (1) S235 (2) S275 (3) S355 (4) S420 (5) S460 (6) N80		ace_y := 6	
fsk.	Límite elástico de acero armaduras corrugadas. (tabla 2.2)	f <sub>sk</sub> := ffsk (ace_s) corr := fas (ace_s)		corr = "B500S" f <sub>sk</sub> = 500.00 MPa
fyk.	Límite elástico de armadura tubular. (tabla 2.1)	f <sub>y</sub> := ffy (ace_y) tub := fay (ace_y)		tub = "N80" f <sub>y</sub> = 552.00 MPa
ns/ds.	Barras corrugadas. Número de barras corrugadas/Diámetro de barras corrugadas.			ns := 0 ds := 32 mm
de/t.	Armadura tubular. Diámetro exterior/ espesor.			d <sub>ext</sub> := 244.4 mm t := 12 mm

Reducción de espesor por corrosión de las armaduras. (tabla 2.4)

tr1.	Tipo de terreno.	(1) suelos naturales sin alterar (2) suelos naturales contaminados o suelos industriales. (3) suelos naturales agresivos (4) rellenos no agresivos <u>sin compactar</u> (5) rellenos no agresivos <u>compactados</u> (6) rellenos agresivos <u>sin compactar</u> (6) rellenos agresivos <u>compactados</u>	tr1 := 4	
vida.	Vida útil.	( 5 años 25 años 50 años 75 años 100 años)	vida := 100	
re.	Reducción del espesor de armadura por efecto de la corrosión.	r <sub>e</sub> := fred (tr1, vida)		r <sub>e</sub> = 2.20 mm

Efecto pandeo. (tabla 3.6)

clat.	Tipo de coacción lateral	(1) Fangos y turbas con 15 kPa ≤ su ≤ 25 kPa (2) Arcilas y limos blandos con 15 kPa ≤ su ≤ 25 kPa (3) Suelos no cohesivos de compacidad media (0.35 < ID < 0.65), que cumplan: - encontrarse permanentemente por encima del nivel freático. - presentar un coeficiente de uniformidad mayor o igual que dos (D60/D10) ≥ 2 ) Suelos cohesivos de consistencia media ( 25 kPa ≤ su ≤ 50 kPa ) (4) Libre (sin terreno o rodeado de terreno inestable) Dr. Diámetro del micropilote en zona de pandeo. - si hay tubería de revestimiento perdida, Dr = dtub - en caso contrario, Dr = diámetro exterior de armadura tubular. H. Longitud de la zona libre	clat := 5	D <sub>R</sub> := 1 m H := 2 m
CR.	Coeficiente adimensional CR (elige valor de cálculo de C <sub>Rmat</sub> , que da max, min y medio)	(5) Otros casos (no se considera pandeo) C <sub>Rmat</sub> := fC <sub>R</sub> (clat, H, D <sub>R</sub> )	C <sub>R</sub> := 10	C <sub>Rmat</sub> = "--"
R.	factor reductor por efecto del pandeo.	R := fR (clat, C <sub>R</sub> )		R = 1.00

Minoración de área de armadura tubular en función del tipo de unión (compresión). (tabla 3.4)

uc.	Tipo de unión.	(1) -Mediante manguitos exteriores doblemente roscados, sin disminución de sección. -De rosca machihembrada con sección ensanchada. -De rosca machihembrada, sin sección ensanchada y con contacto a tope en ambos extremos. -Otras uniones diseñadas específicamente para no sufrir pérdidas de resistencia. (2) -Resto de casos.	uc := 2	
Fuc.	Coeficiente de minoración del área de la armadura tubular (compresión).	F <sub>uc</sub> := fFu (uc)		F <sub>uc</sub> = 0.50

Minoración de área de armadura tubular en función del tipo de unión (tracción) (tabla 3.7)

u_t.	Tipo de unión.	(1) -Mediante manguitos exteriores doblemente roscados, sin disminución de sección. -De rosca machihembrada con sección ensanchada -Otras uniones diseñadas específicamente para no sufrir pérdidas de resistencia. (2) -Resto de casos	ut := 2	
Fut.	Coeficiente de minoración del área de la armadura tubular (tracción).	F <sub>ut</sub> := fFu (ut)		F <sub>ut</sub> = 0.50

Influencia del tipo de ejecución, según naturaleza del terreno y sistema de perforación empleado. (tabla 3.5)

tr2.	Tipo de terreno y perforación.	(1) Terreno con nivel freático por encima de la punta del micropilote. Perforación sin revestir, sin empleo de lodos. (2) Terreno con nivel freático permanente bajo la punta del micropilote. Perforación sin revestir, sin empleo de lodos. (3) Cualquier tipo de terreno. Perforado con lodos. (4) Cualquier tipo de terreno. Perforado al amparo de revestimiento recuperable. (5) Micropilote con tubería de revestimiento dejada "in situ" de forma permanente. (camisa perdida)	tr2 := 1	
Fe.	Coeficiente de influencia del tipo de ejecución.	F <sub>e</sub> := fFe (tr2)		F <sub>e</sub> = 1.50

Minoración de módulo resistente de armadura tubular. (apéndice A-4.1)

Fuf.	Coeficiente de minoración de módulo resistente de armadura tubular.			F <sub>uf</sub> := 0.5
------	---	--	--	------------------------

Variables intermedias.

d <sub>int</sub> .	Diámetro interior de armadura tubular.	$d_{int} := d_{ext} - 2 \cdot t$	$d_{int} = 220.40 \text{ mm}$
A <sub>s</sub> .	Área <u>barra corrugadas</u> .	$A_s := n_s \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2$	$A_s = 0.00 \text{ cm}^2$
A <sub>at</sub> .	Área <u>armadura tubular</u> .	$A_{at} := \frac{\pi}{4} \cdot (d_{ext}^2 - d_{int}^2)$	$A_{at} = 87.61 \text{ cm}^2$
A <sub>a</sub> .	Área armadura tubular (con reducción).	$A_a := \frac{\pi}{4} \cdot ((d_{ext} - 2 \cdot r_e)^2 - d_{int}^2)$	$A_a = 70.87 \text{ cm}^2$
A <sub>ct</sub> .	Área total de <u>mortero</u> .	$A_{ct} := \frac{\pi}{4} \cdot D^2$	$A_{ct} = 706.86 \text{ cm}^2$
A <sub>c</sub> .	Área neta de <u>mortero</u> , descontando armaduras.	$A_c := A_{ct} - A_s - A_{at}$	$A_c = 619.25 \text{ cm}^2$
W <sub>el</sub> .	Módulo elástico.	$W_{el} := \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d_{ext} - 2 \cdot r_e)^4 - d_{int}^4}{d_{ext} - 2 \cdot r_e}$	$W_{el} = 391.93 \text{ cm}^3$
W <sub>pl</sub> .	Módulo plástico.	$W_{pl} := \frac{(d_{ext} - 2 \cdot r_e)^3 - d_{int}^3}{6}$	$W_{pl} = 519.64 \text{ cm}^3$

Cálculo de resistencias.

N <sub>cRd</sub> .	Resistencia estructural a compresión.	$N_{cRd} := \left( 0.85 \cdot A_c \cdot \frac{f_{ck}}{1.50} + A_s \cdot \min \left( \frac{f_{sk}}{1.15}, 400 \text{ MPa} \right) + A_a \cdot F_{uc} \cdot \min \left( \frac{f_y}{1.10}, 400 \text{ MPa} \right) \right) \cdot \frac{R}{1.20 \cdot F_e}$	$N_{cRd} = 1372.32 \text{ kN}$
N <sub>tRd</sub> .	Resistencia estructural a tracción.	$N_{tRd} := \left( A_s \cdot \frac{f_{sk}}{1.15} + A_a \cdot F_{ut} \cdot \frac{f_y}{1.10} \right) \cdot \frac{1}{1.10}$	$N_{tRd} = 1616.61 \text{ kN}$
V <sub>cRd</sub> .	Resistencia de cálculo a cortante.	$V_{cRd} := \frac{2 \cdot A_a}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_y}{1.10}$	$V_{cRd} = 1307.22 \text{ kN}$
M <sub>cRd</sub> .	Resistencia de cálculo a flexión.	$M_{cRd} := \left\  \begin{array}{l} a \leftarrow \frac{f_y}{1.10} \cdot F_{uf} \\ \text{if } \frac{d_{ext} - 2 \cdot r_e}{t - r_e} \leq \frac{16450 \text{ MPa}}{f_y} \\ \quad \left\  M_{cRd} \leftarrow W_{pl} \cdot a \right. \\ \text{if } 16450 \left( \frac{\text{MPa}}{f_y} \leq \frac{d_{ext} - 2 \cdot r_e}{t - r_e} \leq \frac{21150 \text{ MPa}}{f_y} \right) \\ \quad \left\  M_{cRd} \leftarrow W_{el} \cdot a \right. \end{array} \right\ $	$M_{cRd} = 98.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Comprobaciones.

N <sub>cEd</sub> .	Axil diseño a compresión.	$N_{cEd} := 0 \text{ kN}$
N <sub>tEd</sub> .	Axil diseño a tracción.	$N_{tEd} := 0 \text{ kN}$
V <sub>Ed</sub> .	Cortante diseño.	$V_{Ed} := 0 \text{ kN}$
M <sub>Ed</sub> .	Flector diseño.	$M_{Ed} := 88.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$

a) Comprobación a compresión.

N <sub>cEd</sub> .	Axil diseño a compresión.	$N_{cEd} = 0.00 \text{ kN}$
R <sub>cEd</sub> .	Resistencia a compresión.	$N_{cRd} = 1372.32 \text{ kN}$
cumpl (N <sub>cRd</sub> , N <sub>cEd</sub> ) = "o.k., E < R" FS (N <sub>cRd</sub> , N <sub>cEd</sub> ) = "--"		

b) Comprobación a tracción.

N <sub>cEd</sub> .	Axil diseño a tracción.	$N_{tEd} = 0.00 \text{ kN}$
R <sub>cEd</sub> .	Resistencia a tracción.	$N_{tRd} = 1616.61 \text{ kN}$
cumpl (N <sub>tRd</sub> , N <sub>tEd</sub> ) = "o.k., E < R" FS (N <sub>tRd</sub> , N <sub>tEd</sub> ) = "--"		

c) Comprobación a cortante.

V <sub>Ed</sub> .	Cortante diseño.	$V_{Ed} = 0.00 \text{ N}$	cumpl (V <sub>cRd</sub> , V <sub>Ed</sub> ) = "o.k., E < R"
R <sub>vEd</sub> .	Resistencia a cortante.	$V_{cRd} = 1307.22 \text{ kN}$	FS (V <sub>cRd</sub> , V <sub>Ed</sub> ) = "--"

d) Comprobación a flexión.

M <sub>Ed</sub> .	Flector diseño.	$M_{Ed} = 88.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$	cumpl (M <sub>cRd</sub> , M <sub>Ed</sub> ) = "o.k., E < R"
M <sub>cRd</sub> .	Resistencia a flexión.	$M_{cRd} = 98.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$	FS (M <sub>cRd</sub> , M <sub>Ed</sub> ) = 1.11

**Comprobación de anclajes.** (Según Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carreteras)

Datos de partida.

inyeccion.	Tipo de inyección. (1. IU 2. IR 3. IRS)	inyeccion := 2	inye (inyeccion) = "inyección repetitiva (IR)"
tipo.	Tipo de anclaje (1. permanente 2. Provisional)	tipo := 2	vida (tipo) = "provisional"
acero.	(1. Barra DW o similar. 2. Barra Gewi o similar. 3. Cables) (tabla 2.1)		acero := 1
num/diam.	Nº barras-torones/diámetro.		num := 1      diam := 32 mm
tipo anclaje.	tipo_anclaje := anclaje ff (acero), cc (vida, inyeccion)		tipo_anclaje = "tipo 2B"
fyk.	Límite elástico de acero del tirante.	fyk := fy (acero)	fyk = 850 MPa
fpk.	Carga de rotura de acero del tirante.	fpk := fp (acero)	fpk = 1050 MPa
fck.	Resistencia característica de lechada		fck = 25 MPa
DN.	Diámetro nominal del bulbo. (tabla 4.1 cables tabla 4.2 barra)		DN := 85 mm
Long.	Longitud de bulbo		long := 3 m
alim.	Adherencia límite.		a <sub>lim</sub> := 1.50 MPa

Cálculos intermedios.

At.	Área del tirante.	$At := num \cdot area(diam)$	At = 804.25 mm <sup>2</sup>
pT.	Perímetro nominal del tirante.	$pT := 2 \cdot \sqrt{\pi \cdot At}$	pT = 100.53 mm
Lb.	Longitud de cálculo de bulbo.(deslizamiento de tirante)	$Lb := \begin{cases} long & \text{if } long < 14 \text{ m} \\ 14 \text{ m} + 0.7 \cdot (long - 14 \text{ m}) & \text{else} \end{cases}$	Lb = 3.00 m
fyd.	Carga cálculo elástico.	$cf_y = 1.25 \quad fyd := \frac{fyk}{cf_y}$	fyd = 680.00 MPa
fpd.	Carga cálculo rotura.	$cf_p = 1.10 \quad fpd := \frac{fpk}{cf_p}$	fpd = 954.55 MPa
tlim.	Adherencia límite entre tirante y lechada.	$t_{lim} := 6.9 \cdot \left(\frac{fck}{22.5}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot MPa^{\frac{1}{3}}$	t <sub>lim</sub> = 7.40 MPa
F3.	Coefficiente de minoración adherencia límite. (tabla 3.2)		F <sub>3</sub> = 1.65
aadm.	Aherencia admisible arrancamiento terreno-bulbo.	$a_{adm} := \frac{a_{lim}}{F_3}$	a <sub>adm</sub> = 0.91 MPa

Obtención de resistencias.

a) Resistencia de tensión admisible del acero.

Prot.	Carga máxima acero en rotura.	Prot := At · fpd	Prot = 767.69 kN
Pela.	Carga máxima acero en elástico.	Pela := At · fyd	Pela = 546.89 kN

b) Resistencia frente al deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo.

Ptir.	Carga máxima deslizamiento tirante-bulbo.	$P_{tir} := \frac{t_{lim}}{1.2} \cdot Lb \cdot pT$	P <sub>tir</sub> = 1860.35 kN
-------	---	--	-------------------------------

c) Resistencia frente al arrancamiento del bulbo.

Pbul.	Carga máxima arrancamiento bulbo.	$P_{bul} := a_{adm} \cdot \pi \cdot DN \cdot long$	P <sub>bul</sub> = 728.28 kN
-------	-----------------------------------	--	------------------------------

Comprobaciones.

PN.	Carga nominal del anclaje.	P <sub>N</sub> := 342.41 kN	
F1.	Coefficiente de mayoración de carga. (tabla 3.1)	F <sub>1</sub> = 1.20	
PNd.	Carga nominal mayorada de anclaje.	P <sub>Nd</sub> := F <sub>1</sub> · P <sub>N</sub>	P <sub>Nd</sub> = 410.89 kN

a) Comprobación frente a la tensión admisible del acero.

Rad.	Resistencia del acero del tirante.	R <sub>ad</sub> := max (Prot, Pela)	R <sub>ad</sub> = 767.69 kN cumpl (R <sub>ad</sub> , P <sub>Nd</sub> ) = "o.k., Rd > Sd"
------	------------------------------------	-------------------------------------	---

b) Comprobación frente al deslizamiento del tirante en la lechada, dentro del bulbo.

Rbd.	Resistencia del deslizamiento tirante-bulbo.	R <sub>bd</sub> := P <sub>tir</sub>	R <sub>bd</sub> = 1860.35 kN cumpl (R <sub>bd</sub> , P <sub>Nd</sub> ) = "o.k., Rd > Sd"
------	--	-------------------------------------	--

c) Comprobación frente al arrancamiento del bulbo.

Rcd.	Resistencia frente arrancamiento del bulbo.	R <sub>cd</sub> := P <sub>bul</sub>	R <sub>cd</sub> = 728.28 kN cumpl (R <sub>cd</sub> , P <sub>Nd</sub> ) = "o.k., Rd > Sd"
------	---	-------------------------------------	---

**ANEXO N.º 2 Pantalla micropilotes en boca sur de Arroa.**



## ÍNDICE

<b>1. NORMA Y MATERIALES.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ACCIONES.....</b>	<b>2</b>
<b>3. DATOS GENERALES.....</b>	<b>2</b>
<b>4. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO.....</b>	<b>2</b>
<b>5. ESQUEMA DE LAS FASES.....</b>	<b>3</b>
<b>6. CARGAS.....</b>	<b>6</b>
<b>7. ELEMENTOS DE APOYO.....</b>	<b>6</b>
<b>8. RESULTADOS DE LAS FASES.....</b>	<b>6</b>
<b>9. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO.....</b>	<b>9</b>
<b>10. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD).....</b>	<b>11</b>



## 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-25,  $Y_c=1.5$

Clase de exposición: Clase IIa

## 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Con análisis sísmico

Aceleración de cálculo: 0.04 g

No se considera el sismo en las fases constructivas

Mayoración esfuerzos en hipótesis sísmica: 1.00

Sin considerar acciones térmicas en puntales

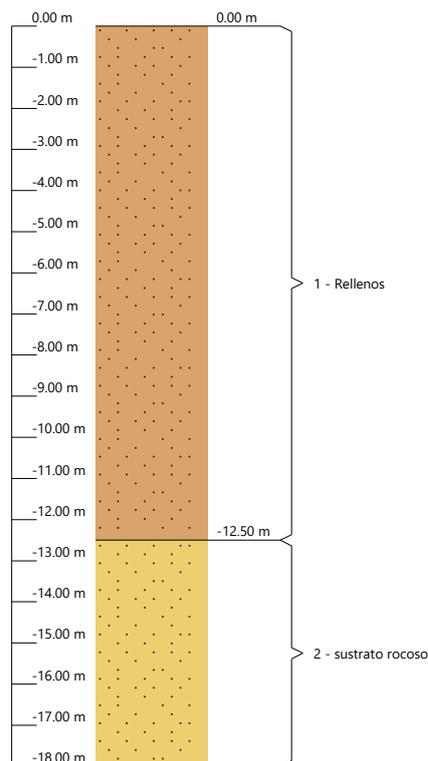
## 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

## 4. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



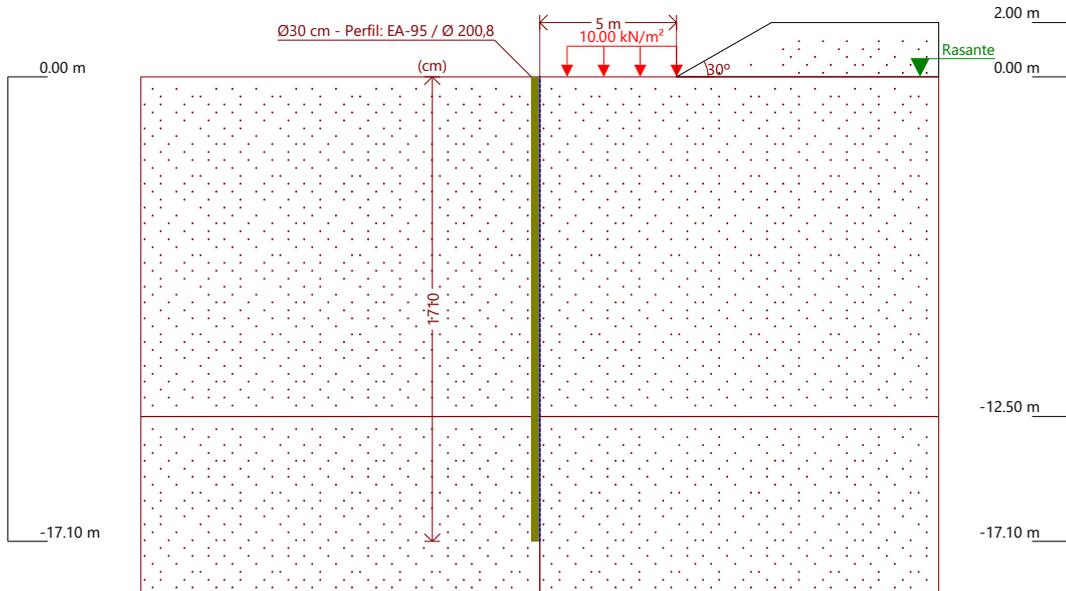


# Selección de listados

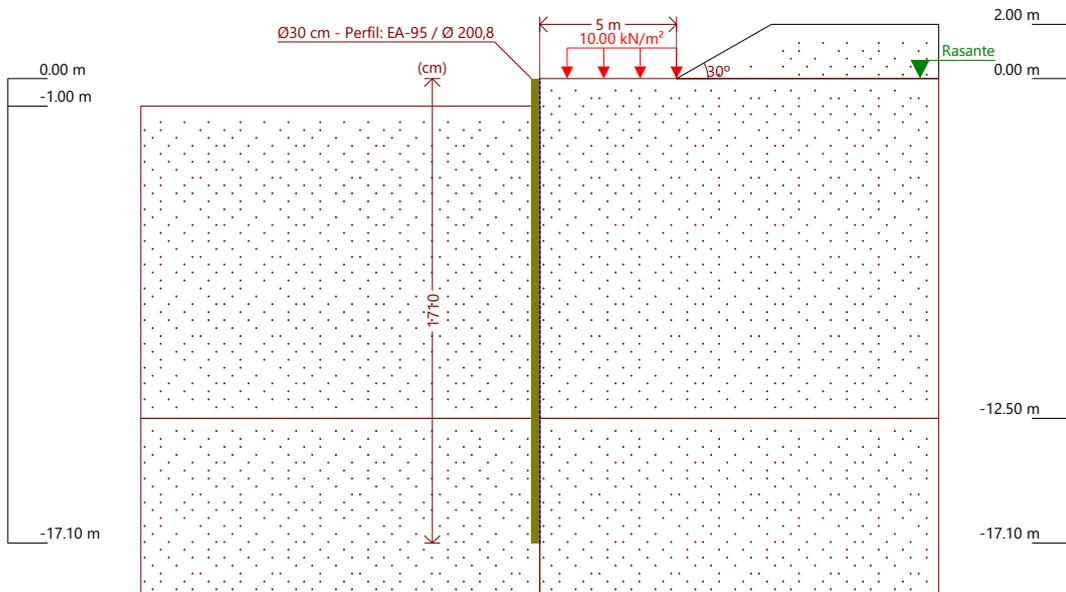
con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## 5. ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Situación inicial	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: 0.00 m



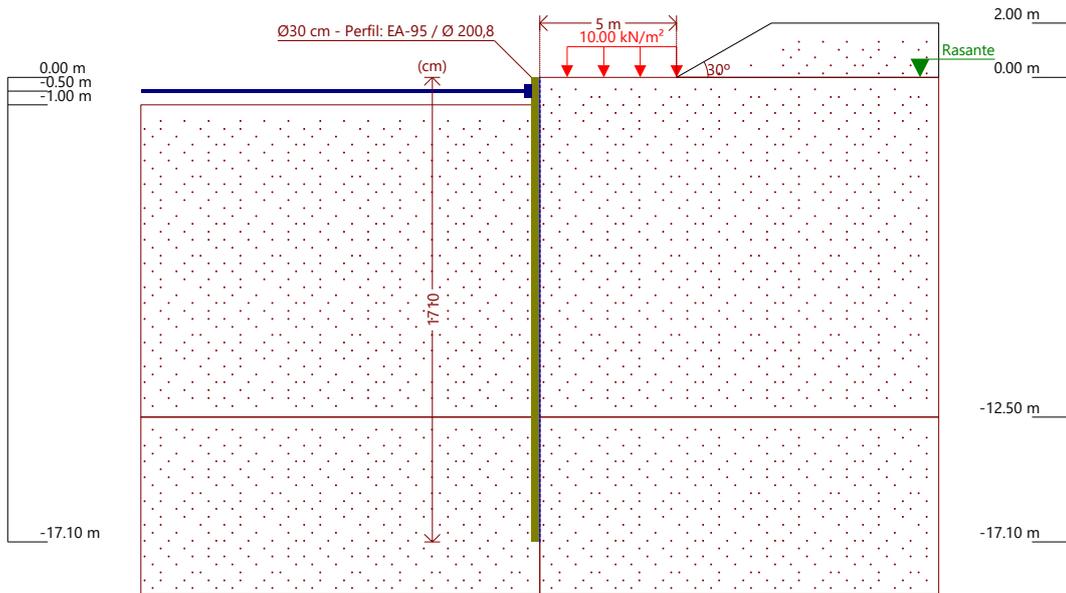
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Excavación nivel 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



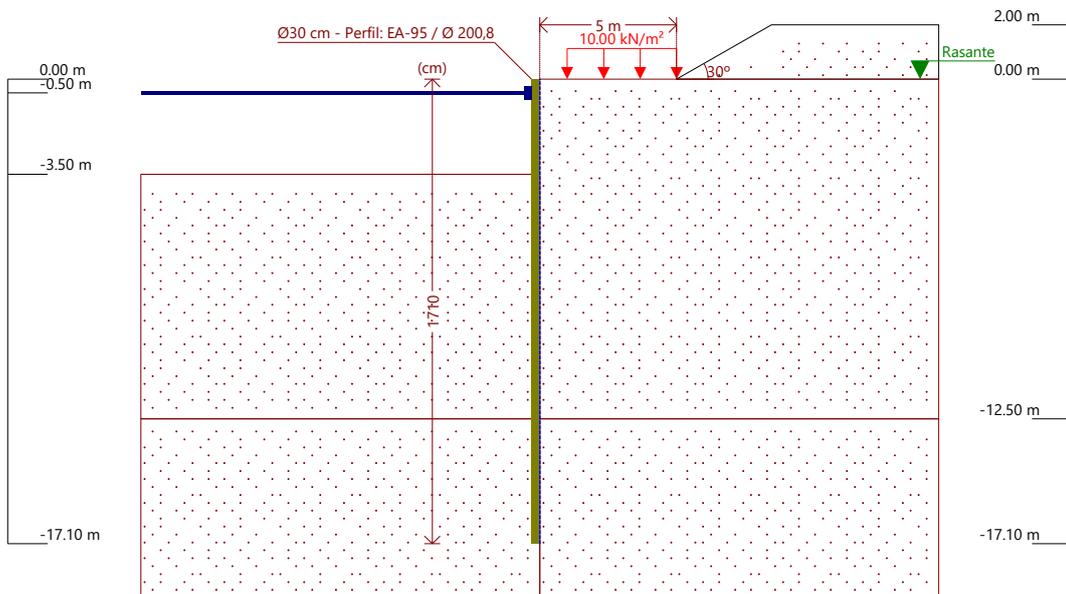
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Arriostramiento nivel 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



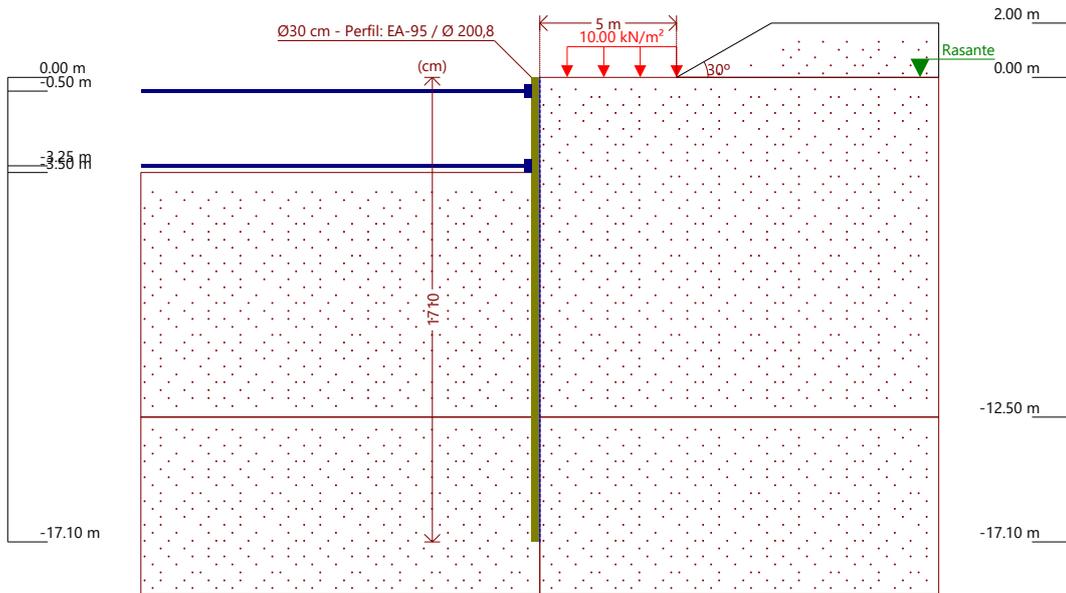
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Excavación nivel 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m



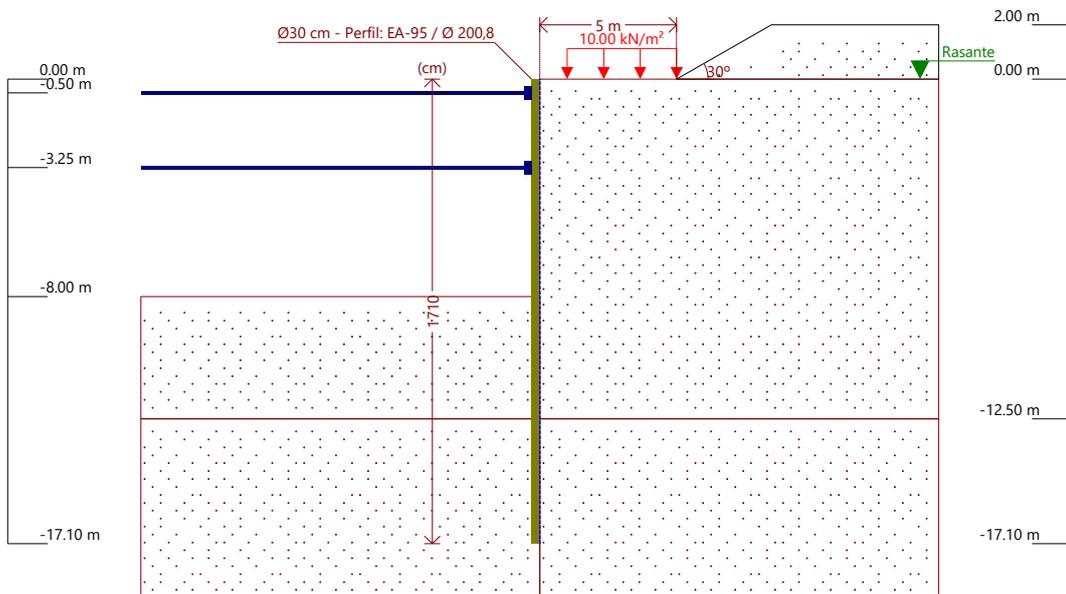
# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Arriostramiento nivel 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.50 m



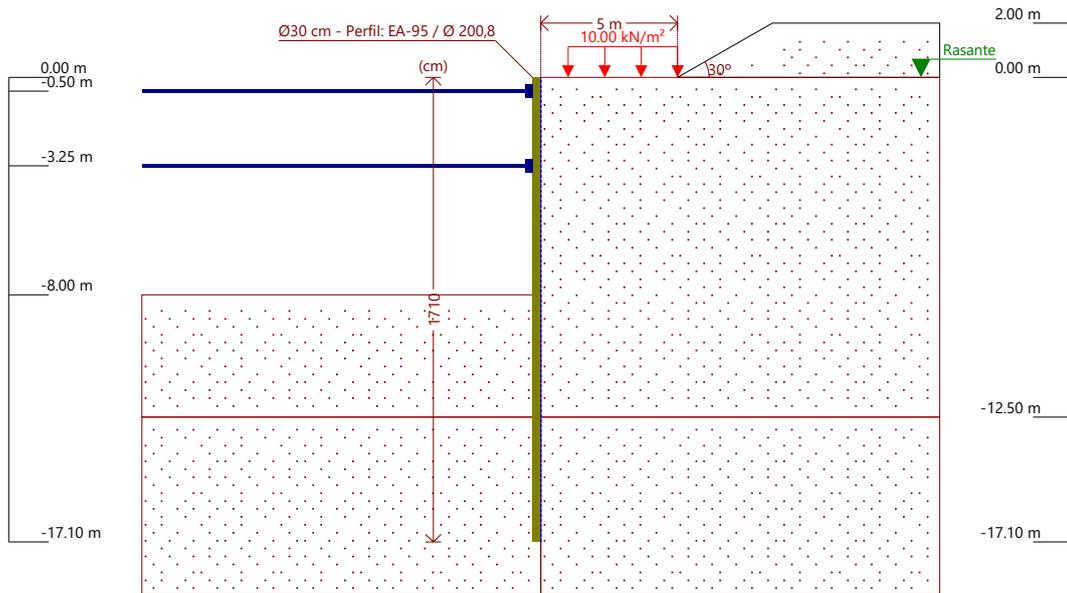
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 6	Excavacion final	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -8.00 m



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 7	situacion final	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -8.00 m

## 6. CARGAS

### CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
En banda	En superficie	Valor: 10 kN/m <sup>2</sup> Ancho: 4 m Separación: 3 m	Situacion inicial	situacion final

## 7. ELEMENTOS DE APOYO

### PUNTALES

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -3.25 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	Arriostramiento nivel 2	situacion final
Cota: -0.50 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	Arriostramiento nivel 1	situacion final

## 8. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

### FASE 1: SITUACION INICIAL

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.08	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-1.51	-0.09	6.00	-0.06	-0.51	0.71	0.00
-3.02	-0.07	11.99	0.32	-0.08	-0.08	0.00



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-4.53	-0.04	17.99	0.38	0.39	0.22	0.00
-6.04	-0.04	23.98	0.37	1.12	-1.02	0.00
-7.54	-0.13	29.98	-1.13	0.12	-0.12	0.00
-9.05	-0.23	35.97	-0.35	-1.22	0.58	0.00
-10.56	-0.23	41.97	-0.53	-1.74	0.38	0.00
-12.07	-0.08	47.96	4.51	0.37	9.41	0.00
-13.58	-0.00	53.96	-2.09	0.26	4.94	0.00
-15.09	-0.00	59.96	0.02	-0.00	-0.04	0.00
-16.60	-0.00	65.95	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.08 m	67.95 Cota: -17.10 m	9.79 Cota: -12.57 m	4.56 Cota: -12.57 m	11.59 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.24 Cota: -9.81 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-6.14 Cota: -13.08 m	-1.88 Cota: -11.06 m	-57.79 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 2: EXCAVACION NIVEL 1

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.91	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.51	-0.42	6.00	2.80	3.45	-5.43	0.00
-3.02	-0.17	11.99	-2.07	2.32	0.44	0.00
-4.53	-0.13	17.99	-0.37	0.51	1.17	0.00
-6.04	-0.15	23.98	0.43	0.99	-0.91	0.00
-7.54	-0.25	29.98	-1.08	0.13	-0.23	0.00
-9.05	-0.35	35.97	-0.55	-1.33	0.31	0.00
-10.56	-0.34	41.97	-1.00	-2.47	0.72	0.00
-12.07	-0.12	47.96	6.67	0.51	14.07	0.00
-13.58	-0.00	53.96	-3.10	0.38	7.32	0.00
-15.09	-0.00	59.96	0.03	-0.01	-0.07	0.00
-16.60	-0.00	65.95	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.08 m	67.95 Cota: -17.10 m	14.56 Cota: -12.57 m	6.74 Cota: -12.57 m	17.30 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.91 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-9.09 Cota: -13.08 m	-2.76 Cota: -11.06 m	-85.76 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 3: ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 1

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.91	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-1.51	-0.42	6.00	2.80	3.45	-5.43	0.00
-3.02	-0.17	11.99	-2.07	2.32	0.44	0.00
-4.53	-0.13	17.99	-0.37	0.51	1.17	0.00
-6.04	-0.15	23.98	0.43	0.99	-0.91	0.00
-7.54	-0.25	29.98	-1.08	0.13	-0.23	0.00
-9.05	-0.35	35.97	-0.55	-1.33	0.31	0.00
-10.56	-0.34	41.97	-1.00	-2.47	0.72	0.00
-12.07	-0.12	47.96	6.67	0.51	14.07	0.00
-13.58	-0.00	53.96	-3.10	0.38	7.32	0.00
-15.09	-0.00	59.96	0.03	-0.01	-0.07	0.00
-16.60	-0.00	65.95	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.08 m	67.95 Cota: -17.10 m	14.56 Cota: -12.57 m	6.74 Cota: -12.57 m	17.30 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.91 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-9.09 Cota: -13.08 m	-2.76 Cota: -11.06 m	-85.76 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## FASE 4: EXCAVACION NIVEL 2

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.32	-0.00	0.80	-0.00	6.39	0.00
-1.51	-1.54	6.00	-11.10	-13.68	11.27	0.00
-3.02	-1.71	11.99	8.53	-13.91	15.40	0.00
-4.53	-0.84	17.99	7.42	7.12	-13.55	0.00
-6.04	-0.43	23.98	-3.92	5.72	-0.30	0.00
-7.54	-0.50	29.98	-2.58	0.50	1.45	0.00
-9.05	-0.64	35.97	-1.00	-1.88	-0.11	0.00
-10.56	-0.61	41.97	-2.08	-4.35	1.46	0.00
-12.07	-0.22	47.96	12.08	0.88	25.67	0.00
-13.58	-0.01	53.96	-5.66	0.70	13.32	0.00
-15.09	-0.01	59.96	0.06	-0.01	-0.12	0.00
-16.60	-0.01	65.95	-0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.33 m	67.95 Cota: -17.10 m	26.46 Cota: -12.57 m	12.20 Cota: -12.57 m	31.53 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.83 Cota: -2.51 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-17.99 Cota: -0.75 m	-17.60 Cota: -2.26 m	-154.91 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 5: ARRIOSTRAMIENTO NIVEL 2

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.32	-0.00	0.80	0.00	6.39	0.00
-1.76	-1.68	6.99	-8.27	-15.76	12.03	0.00
-3.27	-1.60	12.99	12.36	-10.77	16.16	0.00
-5.03	-0.62	19.99	1.31	8.45	-8.52	0.00
-6.79	-0.44	26.98	-3.77	2.76	1.44	0.00
-8.55	-0.61	33.97	-1.45	-1.32	0.90	0.00
-10.31	-0.64	40.97	-2.08	-3.83	0.01	0.00
-12.07	-0.22	47.96	12.08	0.88	25.67	0.00
-13.83	-0.01	54.96	-2.31	0.12	6.44	0.00
-15.59	-0.01	61.95	0.01	-0.00	-0.03	0.00
Máximos	-0.00 Cota: -13.33 m	67.95 Cota: -17.10 m	26.46 Cota: -12.57 m	12.20 Cota: -12.57 m	31.53 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-1.83 Cota: -2.51 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-17.99 Cota: -0.75 m	-17.60 Cota: -2.26 m	-154.91 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 6: EXCAVACION FINAL

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.69	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-1.76	-0.83	6.99	16.35	3.53	38.69	0.00
-3.27	-1.67	12.99	-79.09	79.12	16.13	0.00
-5.03	-7.91	19.99	-46.53	-28.77	21.87	0.00
-6.79	-11.25	26.98	-1.98	-68.24	32.05	0.00
-8.55	-7.28	33.97	55.62	-10.84	0.18	0.00
-10.31	-2.02	40.97	-10.90	36.17	-28.68	0.00
-12.07	-0.33	47.96	0.84	7.62	50.97	0.00
-13.83	-0.01	54.96	-3.58	0.20	9.90	0.00
-15.59	-0.01	61.95	0.02	-0.00	-0.05	0.00



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
Máximos	-0.01 Cota: -13.33 m	67.95 Cota: -17.10 m	75.36 Cota: -3.25 m	80.64 Cota: -3.25 m	59.73 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-11.25 Cota: -6.79 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-79.09 Cota: -3.27 m	-68.24 Cota: -6.79 m	-185.33 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 7: SITUACION FINAL

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.69	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.76	-0.83	6.99	16.35	3.53	38.69	0.00
-3.27	-1.67	12.99	-79.09	79.12	16.13	0.00
-5.03	-7.91	19.99	-46.53	-28.77	21.87	0.00
-6.79	-11.25	26.98	-1.98	-68.24	32.05	0.00
-8.55	-7.28	33.97	55.62	-10.84	0.18	0.00
-10.31	-2.02	40.97	-10.90	36.17	-28.68	0.00
-12.07	-0.33	47.96	0.84	7.62	50.97	0.00
-13.83	-0.01	54.96	-3.58	0.20	9.90	0.00
-15.59	-0.01	61.95	0.02	-0.00	-0.05	0.00
Máximos	-0.01 Cota: -13.33 m	67.95 Cota: -17.10 m	75.36 Cota: -3.25 m	80.64 Cota: -3.25 m	59.73 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-11.25 Cota: -6.79 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-79.09 Cota: -3.27 m	-68.24 Cota: -6.79 m	-185.33 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

### CON SISMO

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.77	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-1.76	-0.63	6.99	22.39	7.95	46.17	0.00
-3.27	-1.68	12.99	-97.20	102.55	17.62	0.00
-5.03	-9.91	19.99	-61.71	-34.44	25.46	0.00
-6.79	-14.67	26.98	-3.11	-88.41	40.56	0.00
-8.55	-9.93	33.97	65.13	-21.04	5.28	0.00
-10.31	-2.83	40.97	-3.72	48.62	-48.35	0.00
-12.07	-0.38	47.96	-5.19	13.06	57.35	0.00
-13.83	-0.01	54.96	-4.00	0.19	11.24	0.00
-15.59	-0.02	61.95	0.02	-0.00	-0.05	0.00
Máximos	-0.01 Cota: -13.08 m	67.95 Cota: -17.10 m	92.91 Cota: -3.25 m	104.40 Cota: -3.25 m	67.94 Cota: -12.32 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-14.67 Cota: -6.79 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-97.20 Cota: -3.27 m	-88.41 Cota: -6.79 m	-198.98 Cota: -12.57 m	0.00 Cota: 0.00 m

## 9. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.



# Selección de listados

con anclajes provisionales

Fecha: 02/08/23

## Puntales

Cota: -3.25 m	
Fase	Resultado
Arriostramiento nivel 2	Carga puntual: 0.00 kN Carga lineal: 0.00 kN/m
Excavacion final	Carga puntual: 154.45 kN Carga lineal: 154.45 kN/m
situacion final	Carga puntual: 154.45 kN Carga lineal: 154.45 kN/m Carga puntual (Hipótesis sísmica): 190.11 kN Carga lineal (Hipótesis sísmica): 190.11 kN/m

Cota: -0.50 m	
Fase	Resultado
Arriostramiento nivel 1	Carga puntual: 0.00 kN Carga lineal: 0.00 kN/m
Excavacion nivel 2	Carga puntual: -0.88 kN Carga lineal: -0.88 kN/m
Arriostramiento nivel 2	Carga puntual: -0.87 kN Carga lineal: -0.87 kN/m
Excavacion final	Carga puntual: 7.70 kN Carga lineal: 7.70 kN/m
situacion final	Carga puntual: 7.70 kN Carga lineal: 7.70 kN/m Carga puntual (Hipótesis sísmica): 10.61 kN Carga lineal (Hipótesis sísmica): 10.61 kN/m



## 10. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): arroa_boca_Sur (con anclajes provisionales)		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i></li> <li>- Situacion inicial:</li> <li>- Excavacion nivel 1:</li> <li>- Arriostramiento nivel 1:</li> <li>- Excavacion nivel 2:</li> <li>- Arriostramiento nivel 2:</li> <li>- Excavacion final:</li> <li>- situacion final:</li> </ul> <p><sup>(1)</sup> <i>Existe más de un apoyo.</i></p>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 20.906</p> <p>Calculado: 18.082</p> <p>Calculado: 63.312</p> <p>Calculado: 54.54</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>No procede<sup>(1)</sup></p> <p>No procede<sup>(1)</sup></p> <p>No procede<sup>(1)</sup></p>
<p>Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:</p> <p><i>Valor introducido por el usuario.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipótesis básica:</li> <li>- Situacion inicial:</li> <li>- Excavacion nivel 1:</li> <li>- Arriostramiento nivel 1:</li> <li>- Excavacion nivel 2:</li> <li>- Arriostramiento nivel 2:</li> <li>- Excavacion final:</li> <li>- situacion final:</li> <li>- Hipótesis sísmica. situacion final:</li> </ul>	<p>Mínimo: 1.67</p> <p>Calculado: 14.533</p> <p>Calculado: 14.15</p> <p>Calculado: 14.15</p> <p>Calculado: 13.362</p> <p>Calculado: 13.363</p> <p>Calculado: 12.092</p> <p>Calculado: 12.092</p> <p>Mínimo: 1.25</p> <p>Calculado: 11.111</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
Se cumplen todas las comprobaciones		

