

## Desafío de dimensionamiento geotécnico

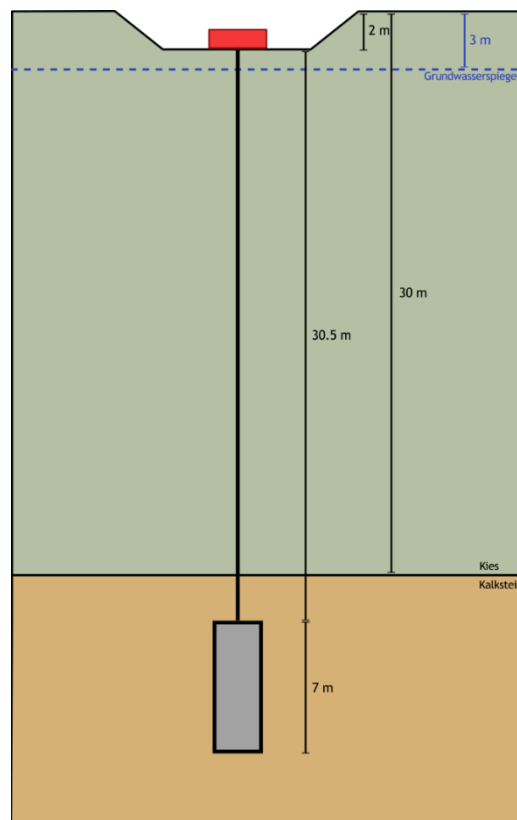
*Nuestro objetivo es evaluar la práctica habitual y fomentar el intercambio de experiencias. En particular, animamos a ingenieros jóvenes a desarrollar y perfeccionar su "juicio ingenieril".*

*El siguiente ejercicio se basa en una prueba de anclajes. En el contexto de la construcción de una central hidroeléctrica, se planea una protección de excavación constituida por un muro de pilotes anclados. Los cuerpos de inyección de los anclajes están ubicados en un estrato de piedra caliza.*

*Para determinar la resistencia externa de los anclajes, se llevó a cabo previamente una campaña de ensayos con tres anclajes dispuestos verticalmente. Siguiendo la recomendación de la norma SIA 267, para la capacidad portante se eligió el valor más bajo entre los tres anclajes de ensayo.*

*El objetivo del ejercicio es determinar la resistencia externa característica de los anclajes,  $R_{a,k}$ . Los datos sobre las propiedades del suelo y de la roca, las dimensiones del anclaje y las condiciones de ejecución pueden utilizarse para la determinación de la resistencia. Las respuestas de los participantes se compararán con los resultados de los ensayos y se premiarán aquellas respuestas que se aproximen más a los valores medidos.*

*La información sobre la ejecución del anclaje y las condiciones hidrogeológicas se encuentran en la página siguiente.*



*Los tres participantes con las mejores respuestas recibirán una membresía gratuita de 3 años en nuestra sociedad GS. Además, entre todos los participantes se sorteará un iPad.*

*La fecha límite para enviar las respuestas al Design Challenge es el **20 de febrero de 2026**. Recomendamos a los participantes proporcionar sus datos de contacto en el formulario para poder contactar a los premiados.*

**Pregunta 1: Estime la resistencia externa característica del anclaje,  $R_{a,k}$ .**

**Pregunta 2 (subpregunta): Estime el desplazamiento de la cabeza del anclaje al 50 % de la carga de rotura definida en la Pregunta 1.**

Las respuestas a la **Pregunta 2 no se valorarán** para determinar los ganadores.

## **Condiciones de contorno:**

### **Geología**

La estratigrafía encontrada es la siguiente:

- Una primera capa de grava arenosa, con poco limo/arcilla fina y piedras, y localmente arcilla limosa rica en arena y grava, con un espesor de 30 m. La densidad de la capa de grava puede considerarse de alta a muy alta, con resultados del Standard Penetration Test (SPT) de  $N_{30} > 70$ .
- La roca caliza presenta un grado de fracturación variable: en los primeros metros superiores (aproximadamente 1–2 m) las estructuras rocosas pueden estar más fragmentadas, con huecos parcialmente rellenos con limos o arcillas. Ocasionalmente aparecen rocas aisladas con cantos redondeados, grava o fragmentos parcialmente meteorizados, a veces mezclados con depósitos arcillosos. A medida que aumenta la profundidad, la calidad de la roca mejora considerablemente: las pruebas Lugeon y Lefranc muestran una permeabilidad en el rango de  $k = 10^{-7} - 10^{-9}$  m/s, lo que indica una fracturación baja o inexistente. En consecuencia, el valor RQD se sitúa aproximadamente entre 75–90 %, lo que indica una alta resistencia y capacidad portante de la roca.
- El nivel freático se encuentra a 3 m de profundidad.

Las propiedades mecánicas e hidráulicas son las siguientes:

- Peso unitario saturado de la grava arenosa:  $\gamma_{\text{sat}} = 20,0 - 21,5$  kN/m<sup>3</sup>
- Peso unitario de la roca caliza:  $\gamma = 25,9 - 26,7$  kN/m<sup>3</sup>
- Resistencia a compresión uniaxial (UCS) de la roca caliza (7 ensayos):  
 $UCS_{\text{promedio}} = 28,2$  MN/m<sup>2</sup> (mín / máx: 6,2 / 59,2 MN/m<sup>2</sup>)
- Módulo de elasticidad de la roca caliza (7 ensayos):  
 $E_{\text{promedio}} = 8.527$  MN/m<sup>2</sup> (mín / máx: 2.454 / 22.777 MN/m<sup>2</sup>)

## Anclaje de prueba

El anclaje estudiado es un anclaje vertical pretensado con una longitud total de 37,5 m, compuesto por una longitud libre de 30,5 m, que no se utiliza para la transferencia de carga, y una longitud anclada de 7 m, completamente insertada en la roca caliza. El diámetro de la perforación es de 178 mm. El anclaje se somete exclusivamente a carga en dirección vertical. El sistema de anclaje está formado por 18 filamentos, cada uno con una sección transversal de  $150 \text{ mm}^2$ , con resistencias  $f_y = 1600 \text{ N/mm}^2 - f_{tk} = 1860 \text{ N/mm}^2$  y un módulo de elasticidad  $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$ .

Después de la perforación revestida, la colocación de los cordones y el relleno con suspensión de cemento, se inyectó un mortero de cemento con una relación agua/cemento de 0,5 después de medio día (volumen de inyección 725 kg a 15 bar).

El pretensado del anclaje de prueba se realizó en 8 etapas de carga consecutivas, con un tiempo de espera de 15 minutos para las dos primeras etapas y 30 minutos para las seis etapas restantes. El procedimiento de ensayo sigue las recomendaciones de las normas SIA 267 y SIA 267/1.