

GEOCISA

Excavaciones y contenciones: pantallas y anclajes



Autor: Riccardo Oprandi

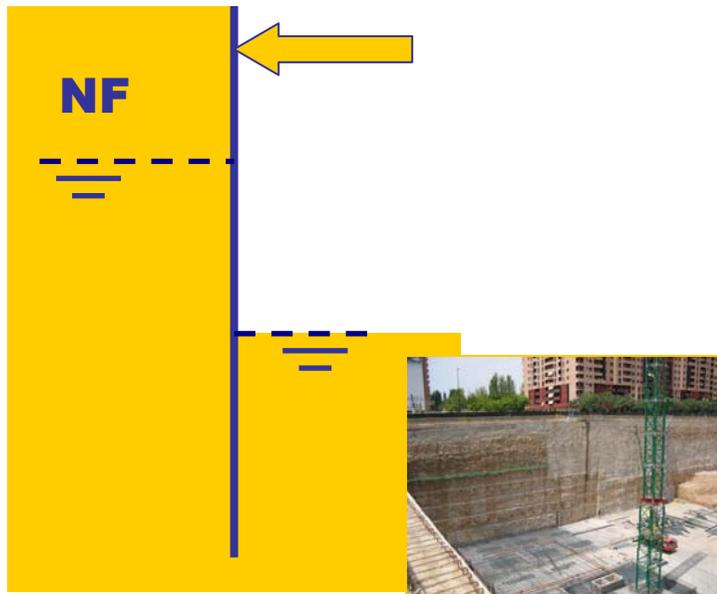
Pantallas:

- ✦ Muro de hormigón armado in-situ
- ✦ Ejecutados previo al vaciado
- ✦ Normalmente las pantallas se apoyan en anclajes al terreno o arriostramientos metálicos
- ✦ El vaciado se hace por fases, ejecutando los apoyos a medida que se excava

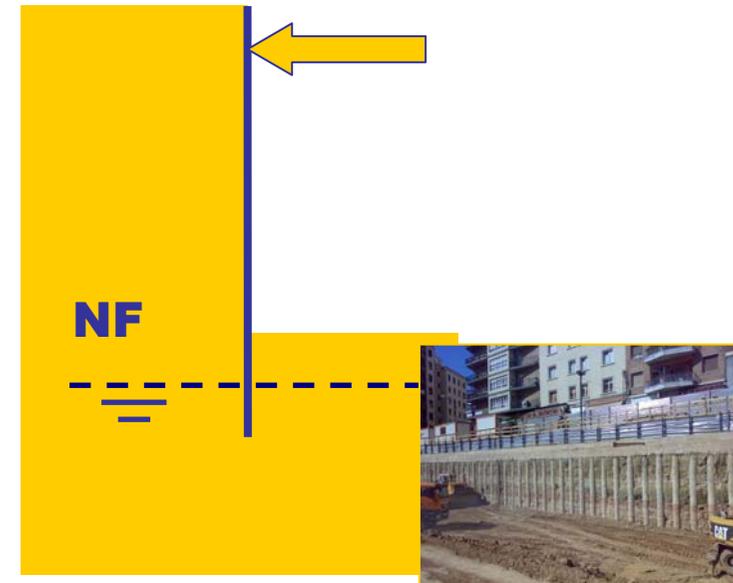


- **Informe geotécnico: estudio específico para determinar estratigrafía y coeficientes de empuje (c' , ϕ' etc.)**
- **Cota del nivel freático es un dato fundamental**
- **Tipología de la pantalla dependerá de la cota del NF**

Pantalla continua

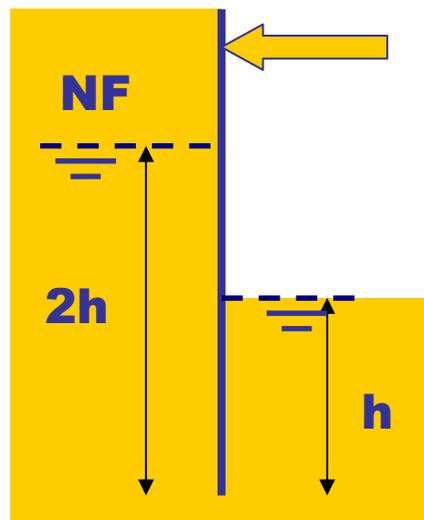


Pantalla discontinua

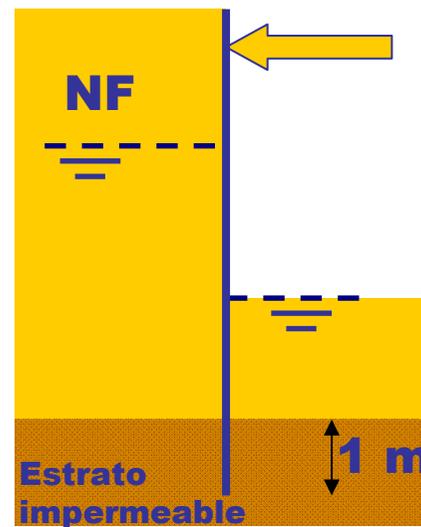


- ✦ **Longitud sin NF: aprox. 3-4 m de empotramiento bajo el fondo de vaciado**
- ✦ **Longitud con NF: igual a altura de agua sobre fondo vaciado; o hasta empotrar 1-2 m en estrato impermeable**
- ✦ **Espesor y número de apoyos: según asientos admisibles en el trasdós (con edificios < 12 – 20 mm)**

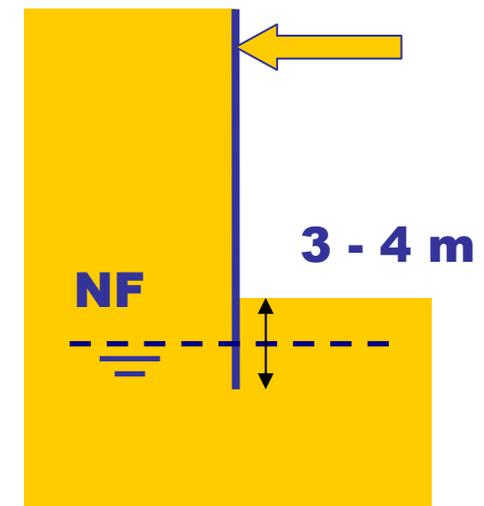
Pantalla continua



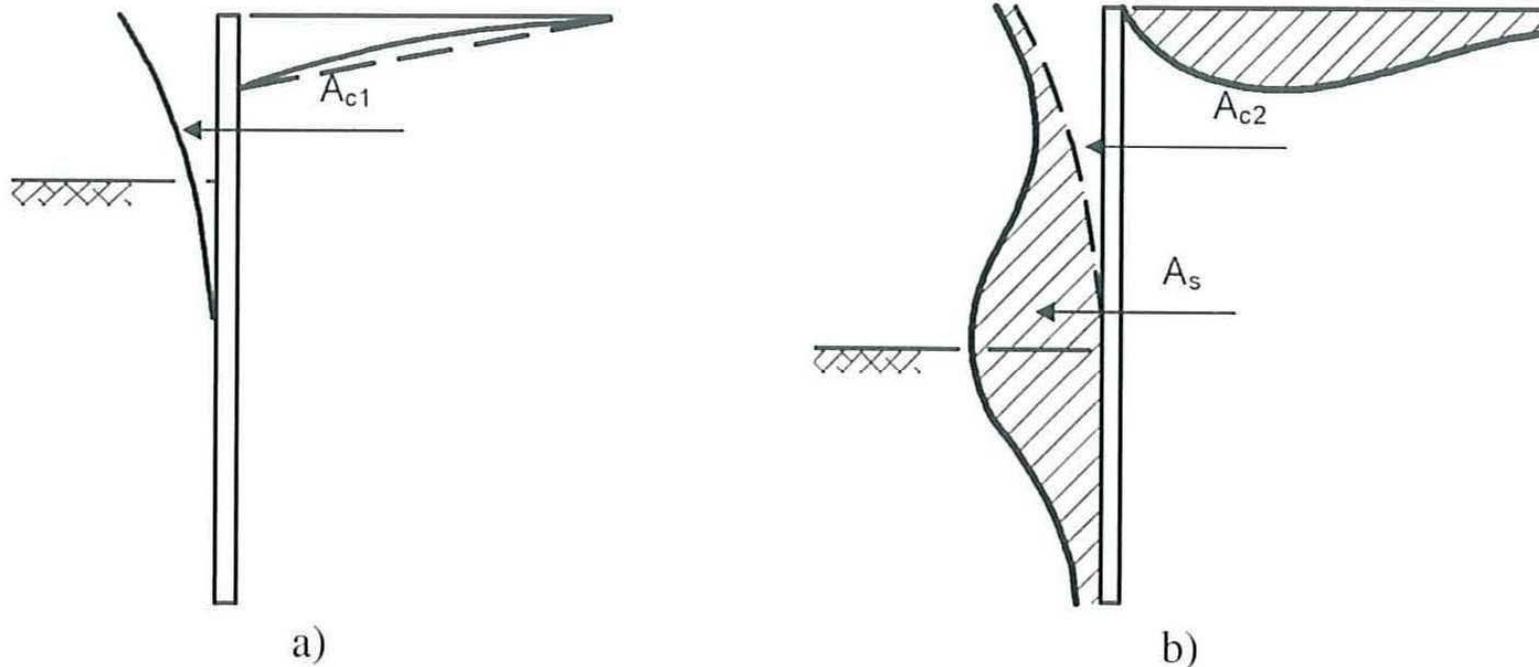
Pantalla continua



Pantalla discontinua

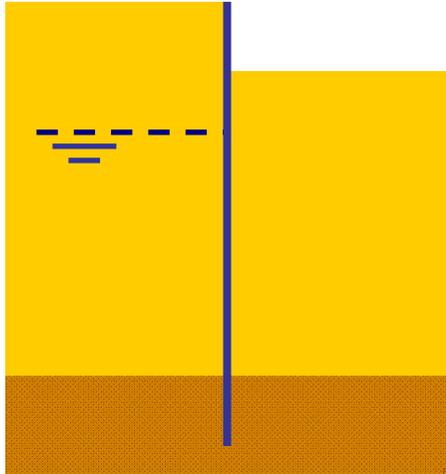


Movimientos en el entorno

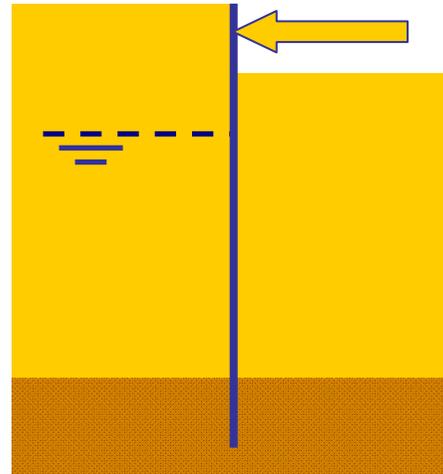


TIPOS DE DEFORMACIÓN DE MURO Y MODO DE DISTRIBUCIÓN DE ASIENTOS EN SUPERFICIE.
a) Modo ménsula. b) Modo cóncavo (Hsieh y Ou, 1998).

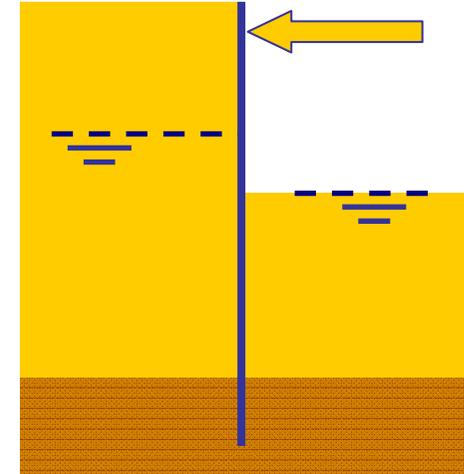
1er vaciado



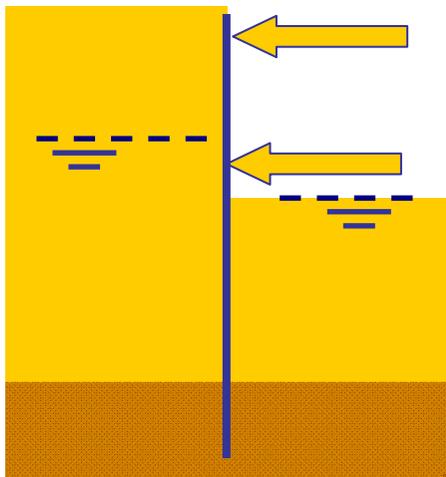
1er nivel apoyos



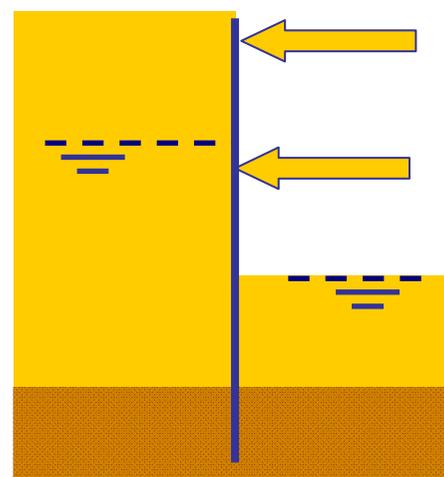
2o vaciado



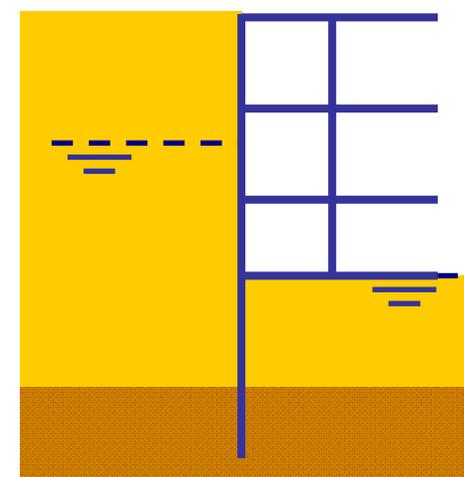
2o nivel apoyos



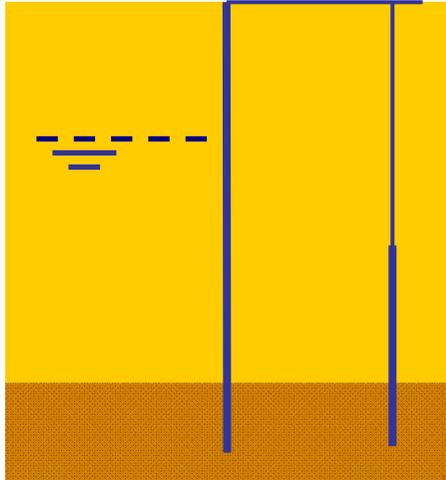
3er vaciado



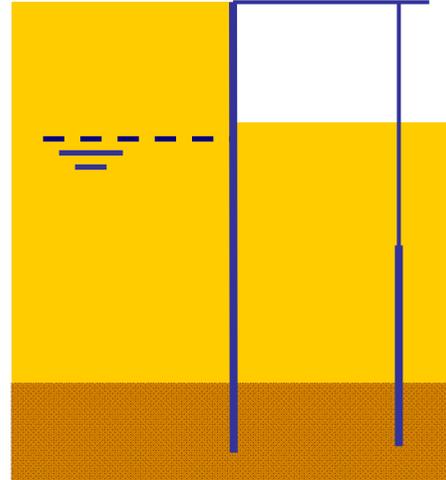
Estructura



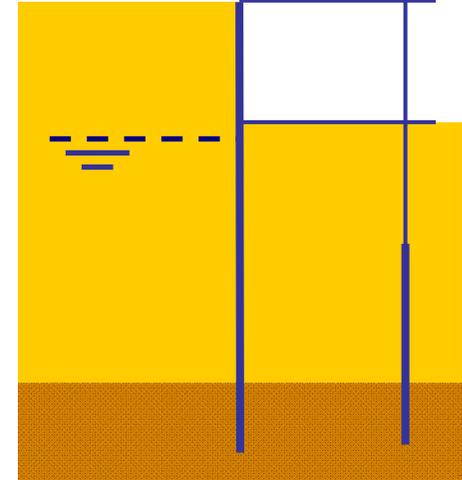
1er forjado



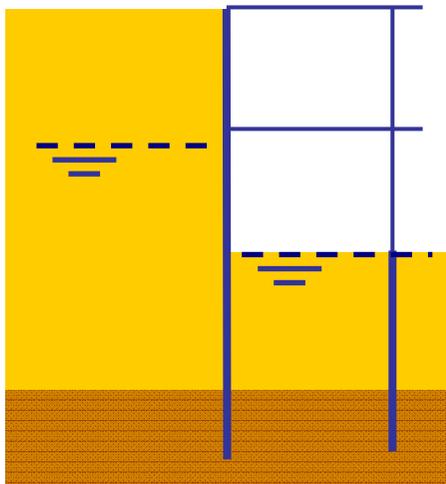
Vaciado



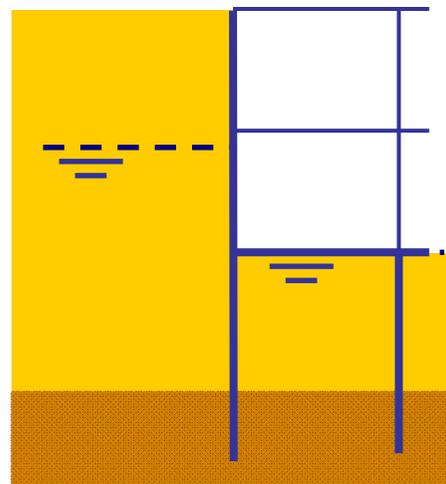
3er forjado



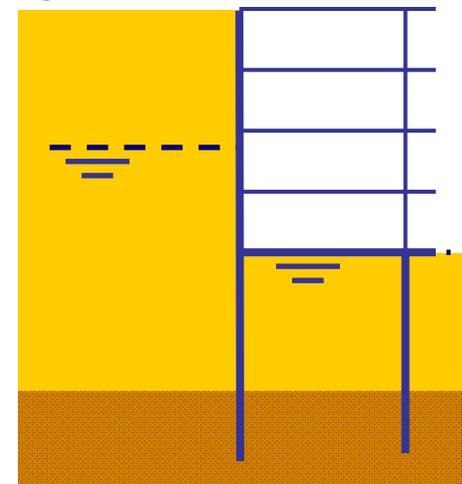
Vaciado



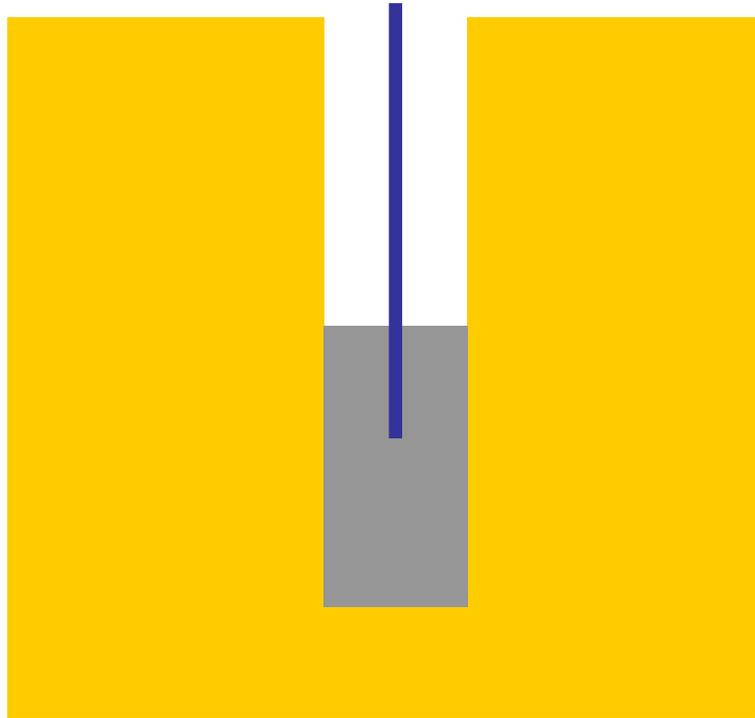
Losa de fondo



Forjados intermedios

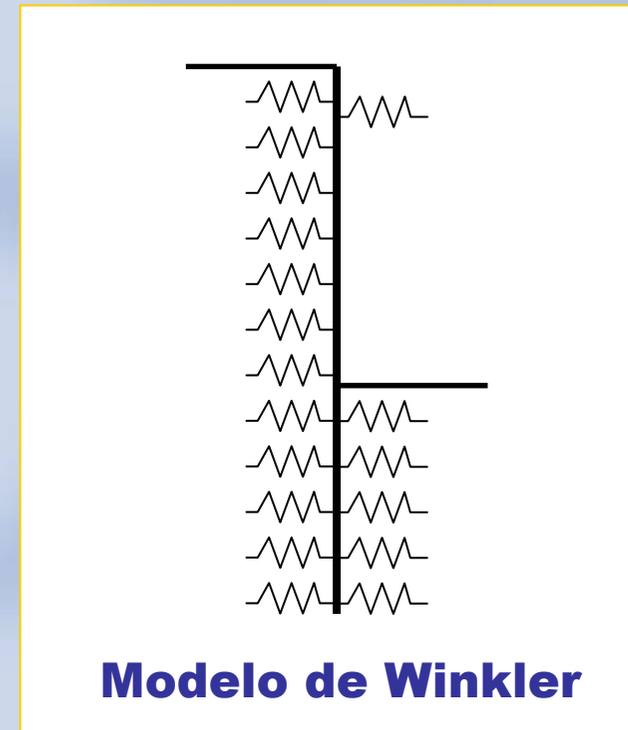
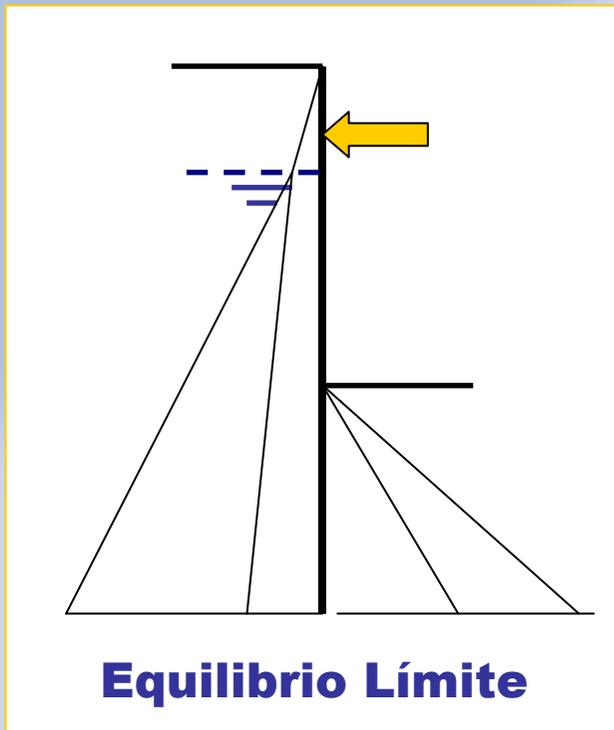


Pila-pilote

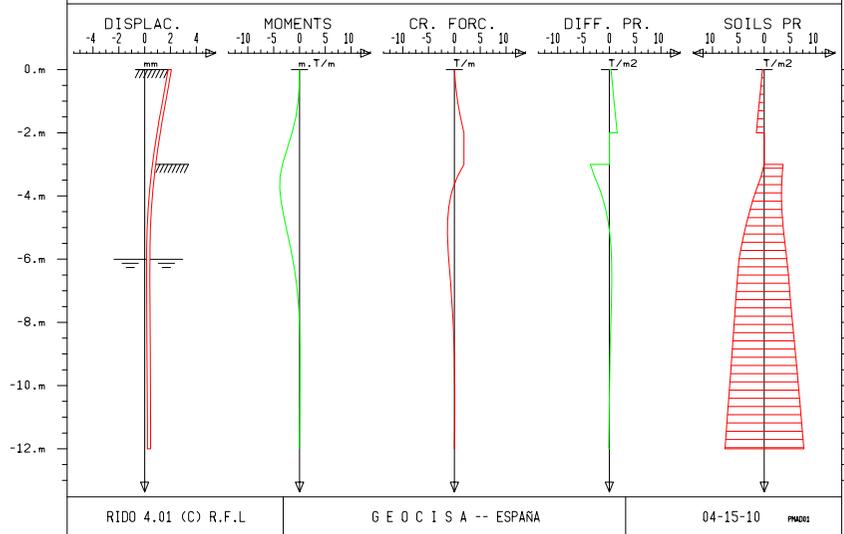


Los cálculos se hacen con:

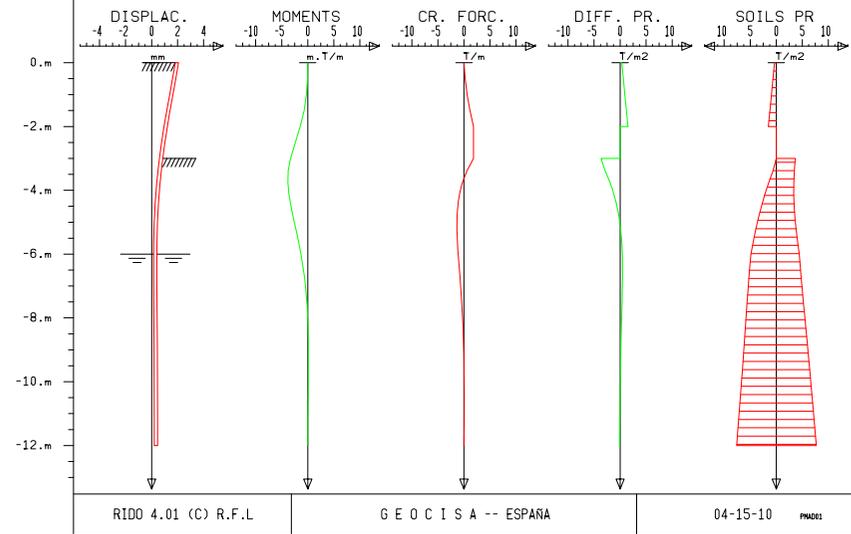
- **Métodos analíticos de equilibrio límite, generalmente aplicables a pantallas en ménsula o con una fila de anclajes.**
- **Programas de modelo de Winkler, pantallas simuladas como vigas elásticas en un terreno asimilado a muelles.** RIDO o CYPE Pantallas.
- **Programas de elementos o diferencias finitas, con módulos elásticos o elastoplásticos.** PLAXIS.



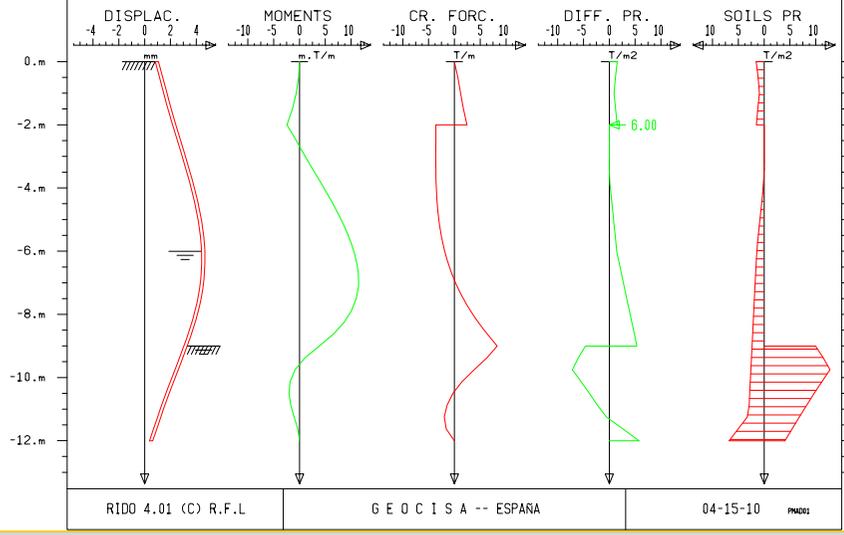
Pantalla en Madrid
GRAPHS OF THE PHASE N° 1



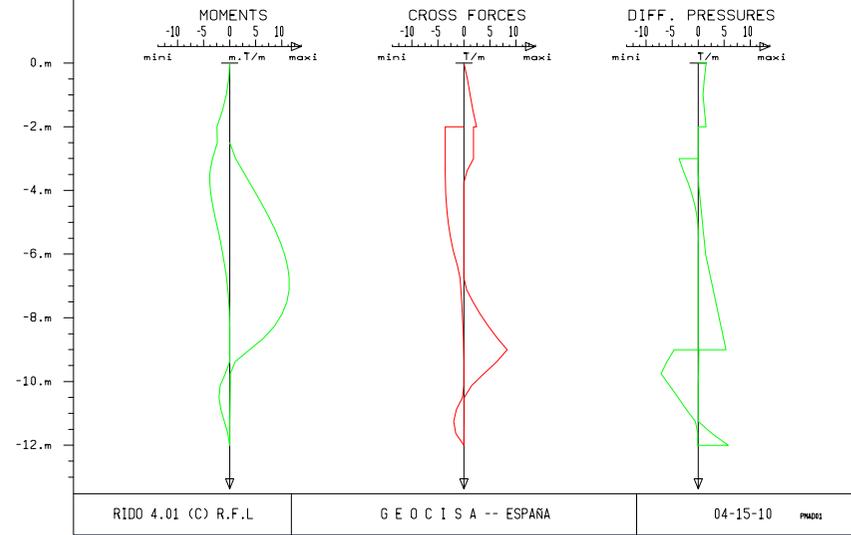
Pantalla en Madrid
GRAPHS OF THE PHASE N° 2



Pantalla en Madrid
GRAPHS OF THE PHASE N° 3



Pantalla en Madrid
ENVELOPES FROM PHASE 1 TO PHASE 3



Pantallas continuas de hormigón armado:

- ✦ **Se ejecutan vaciando previamente el terreno, para posteriormente introducir una armadura y hormigonar en el batache abierto**
- ✦ **Se ejecutan bataches independientes, con una junta de hormigonado entre los módulos.**
- ✦ **Salvo que el terreno sea claramente estable, se excavan con el auxilio de lodos de perforación para sujetar las paredes.**
- ✦ **Espesores: $e = 45, 50, 60, 80, 100, 120$ cm (y excepcionalmente 150 cm)**



World Trade Center (Zaragoza)



Centro Aragonia (Zaragoza)



Hipercor en Sanchinarro (Madrid)

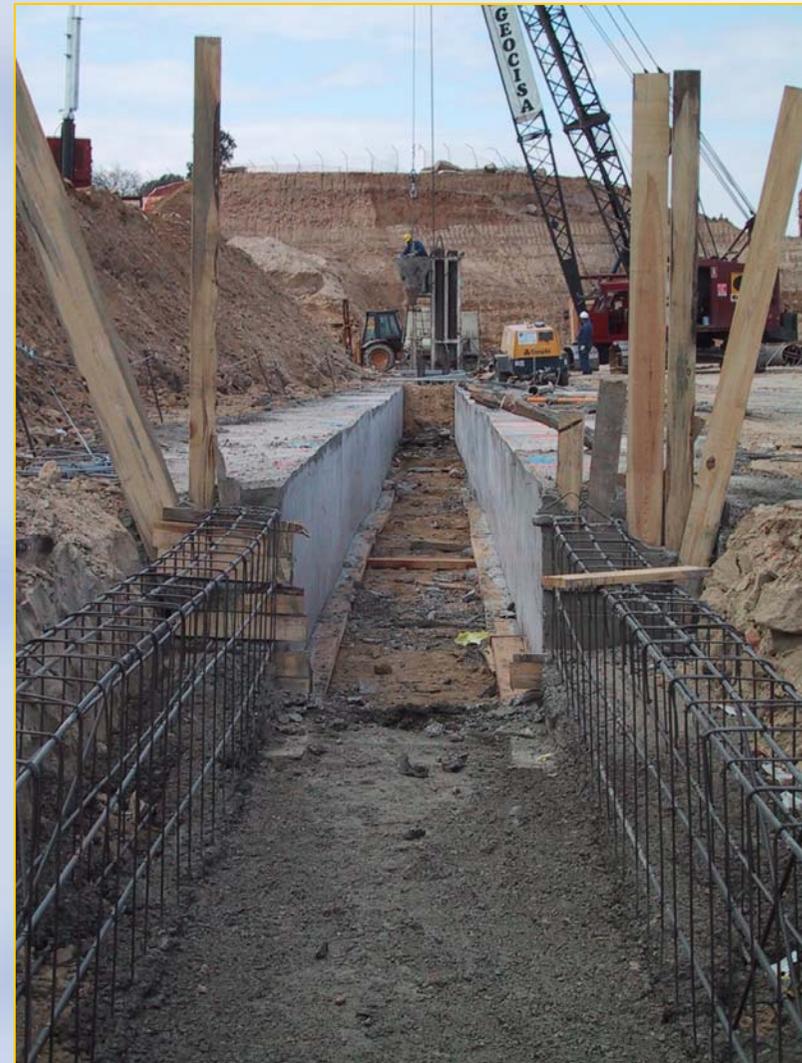


Pozo de toma en el embalse del Negratín (Granada)



Proceso constructivo : Fases previas

- ✦ **Plataforma de trabajo:**
 - Horizontal**
 - Ancho plataforma >12 m**
 - Cota plataforma > al N.F. en 1,5 m**
- ✦ **Murete guía:**
 - Dimensión variable en función de: espesor de pantalla, profundidad y terreno sobre el que asienta**
 - Separación igual al ancho de pantalla más 3 a 5 cm**



Proceso constructivo



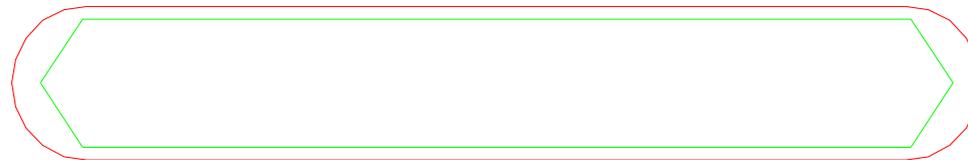
AVANCE IZQUIERDAS



INICIO TIPO



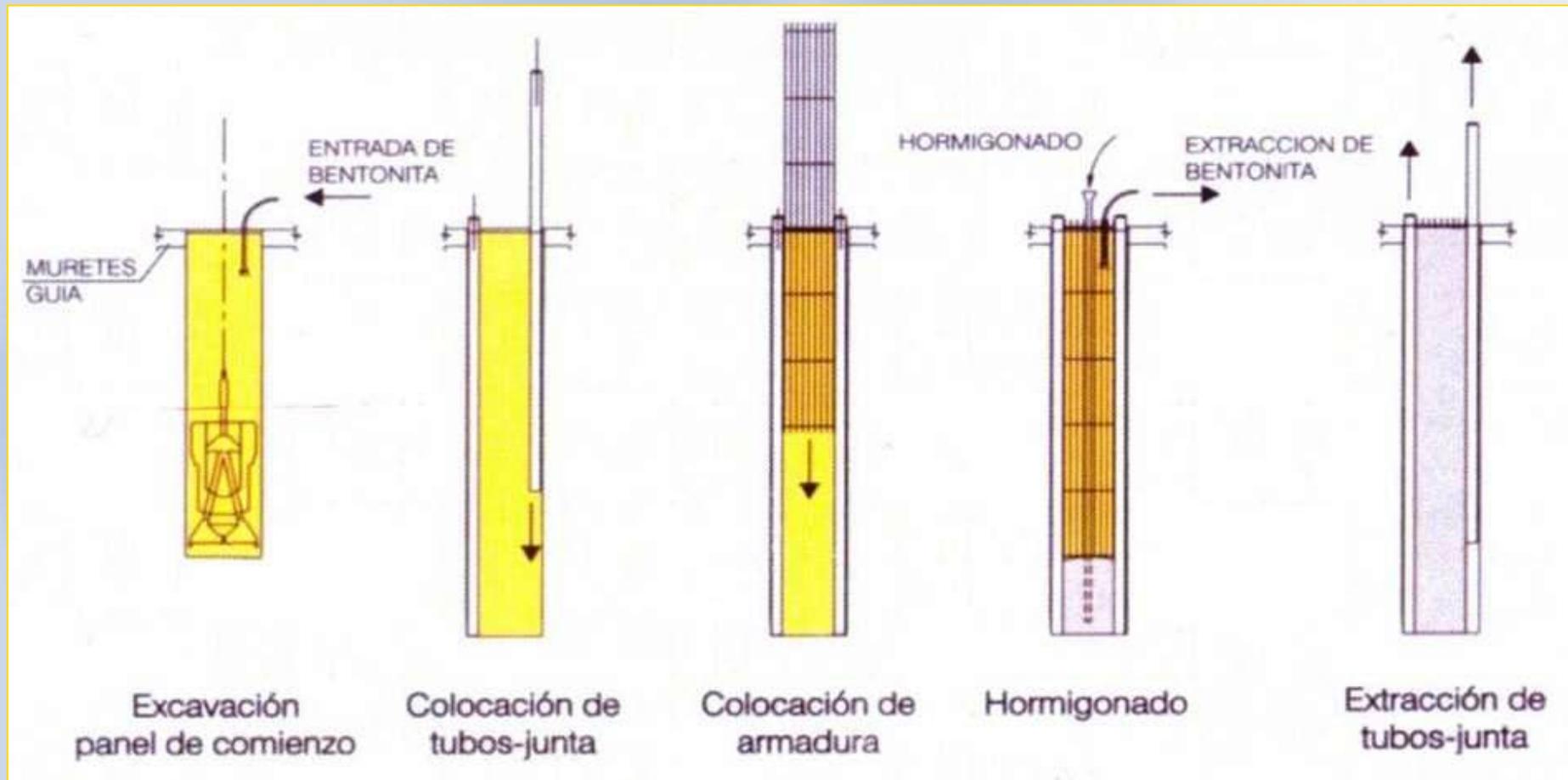
AVANCE DERECHAS



CIERRE TIPO

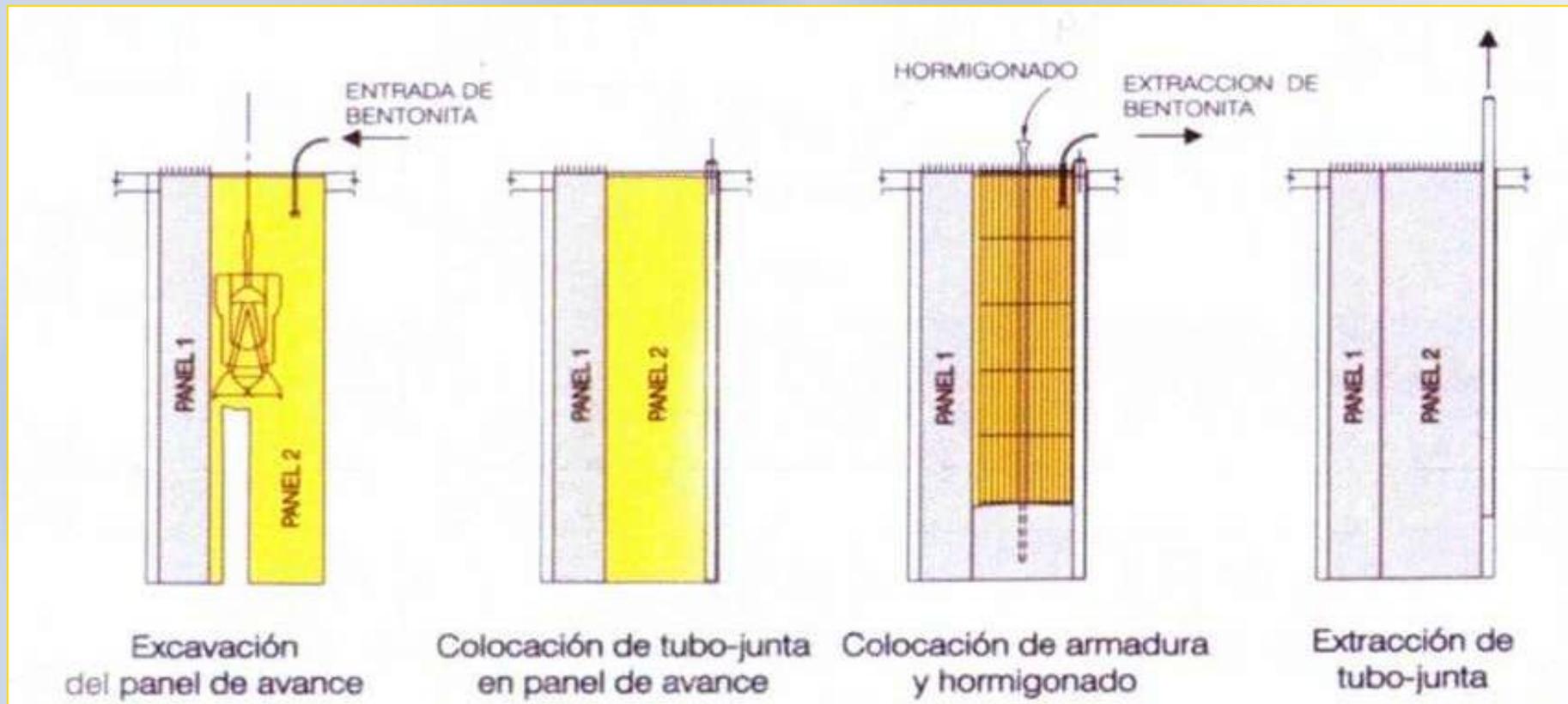
Proceso constructivo: junta circular

Batache inicio:



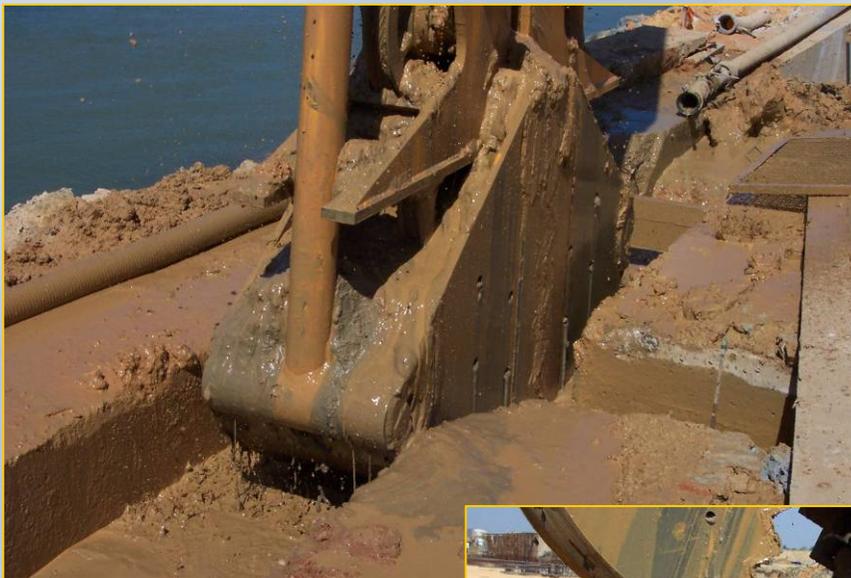
Proceso constructivo: junta circular

Batache avance:



Proceso constructivo

- ✦ Excavación por bataches
- ✦ Con lodos bentoníticos (o polímeros)



Proceso constructivo



Colocación juntas

Proceso constructivo



Desarenado



Proceso constructivo

Colocación de armaduras



Proceso constructivo



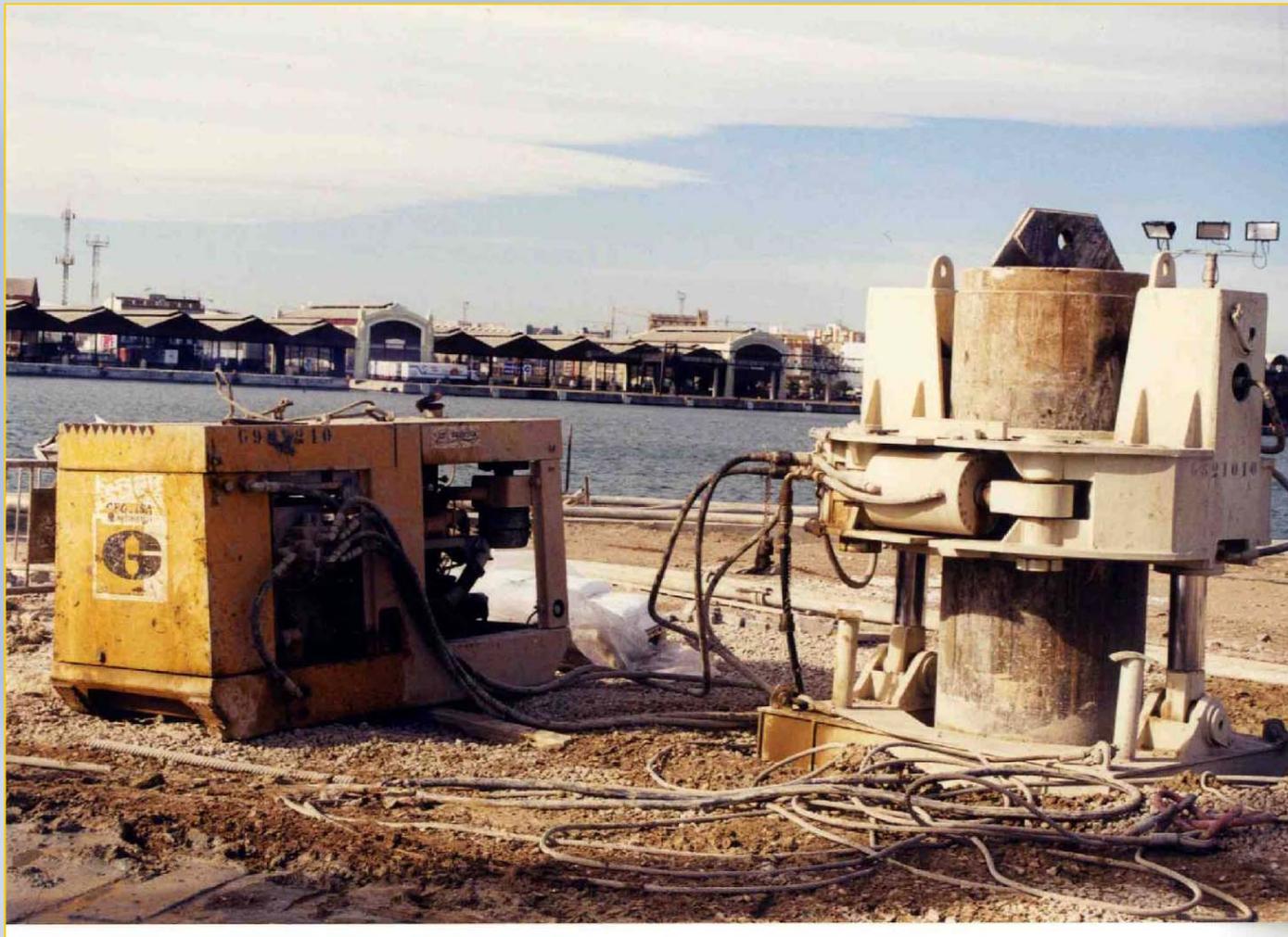
Hormigonado

GEOCISA

Pantallas continuas

Proceso constructivo

Extracción de junta



Maquinaria

Planta de lodos

- Fabricación de lodos
- Almacenaje de lodos
- Reciclado de lodos



Grua excavadora

- Excavación de paneles
- Asegurar verticalidad



Grua auxiliar

- Izado y colocación de armadura
- Colocación de junta
- Hormigonado
- Extracción de junta
- Manejo de trépano (cuando necesario)



Equipos de excavación de pantallas

- ✦ **Excavadoras “convencionales”:** Cucharas hidráulicas y al cable
- ✦ **Hidrofresas**



Cucharas al cable



Cucharas hidráulicas



Hidrofresas

Cucharas al cable:

- ✦ El cierre y el giro de la cuchara se controla con cables
- ✦ Las cucharas pesan entre 5 y 25 t
- ✦ Los rendimientos en terrenos duros son más altos con cucharas pesadas
- ✦ En solares pequeños, la propia excavadora puede hacer las funciones de la grúa auxiliar



Cucharas hidráulicas:

- ✦ **El cierre y el giro de la cuchara es hidráulico**
- ✦ **Es de manejo sencillo: para un maquinista principiante es más fácil de manejar que un equipo “al cable”**
- ✦ **Tienen el inconveniente de que necesitan grúa auxiliar para montaje y hormigonado**



Excavadoras con cucharas al cable



Excavadoras con cucharas hidráulicas y al cable





Junta circular



Tipos de juntas



**Junta
Stein
e= 120 cm**



**Junta trapezoidal – CWS
(Soletanche Bachy)**

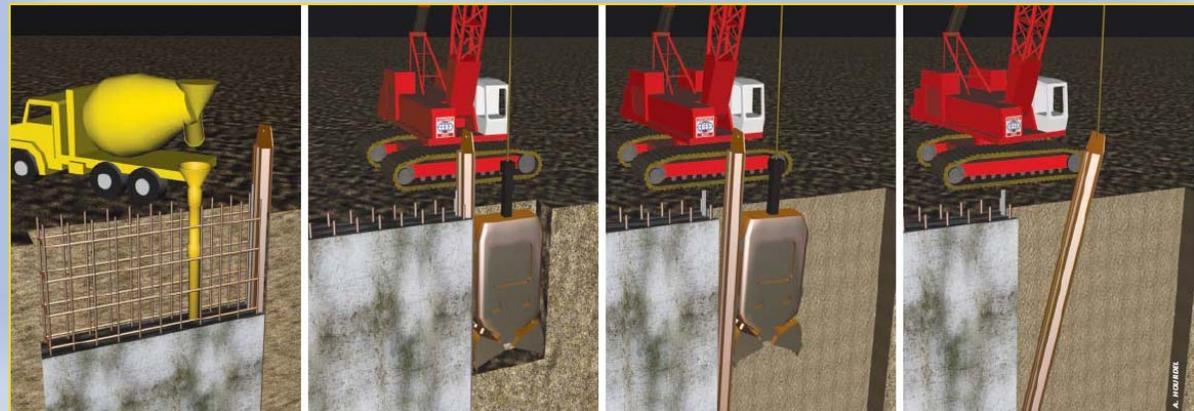
Gatos extractores



Gato extractor de junta circular



Gato extractor de junta Stein



Junta trapezoidal: sin gato

Trépanos

- ✦ En terrenos duros ($r_c > 30$ a 50 kg/cm^2), excavación con trépano y cuchara
- ✦ El trépano rompe el terreno
- ✦ Rendimientos $\approx 0,5 \text{ m}^2 / \text{hora}$



Trépanos para anillos de hormigón



**Anillo de
hormigón detrás
de la junta**

GEOCISA

Pantallas continuas



Planta de lodos

Lodos de excavación

- ✦ **Pueden ser de bentonita o polímero**
- ✦ **La función principal de los lodos es sujetar las paredes del batache excavado**
- ✦ **En el caso de la bentonita es necesario desarenar antes de introducir la armadura en la excavación**
- ✦ **Los lodos se reciclan y se renuevan, manteniendo ciertos parámetros (viscosidad, pH, contenido de arena en suspensión, filtrado etc.)**
- ✦ **La estabilidad del batache depende de la calidad del lodo de excavación**



Bentonita



Polímeros

Hidrofresas

Son equipos para ejecutar pantallas cuando es inviable ejecutarlas por medios convencionales, por:

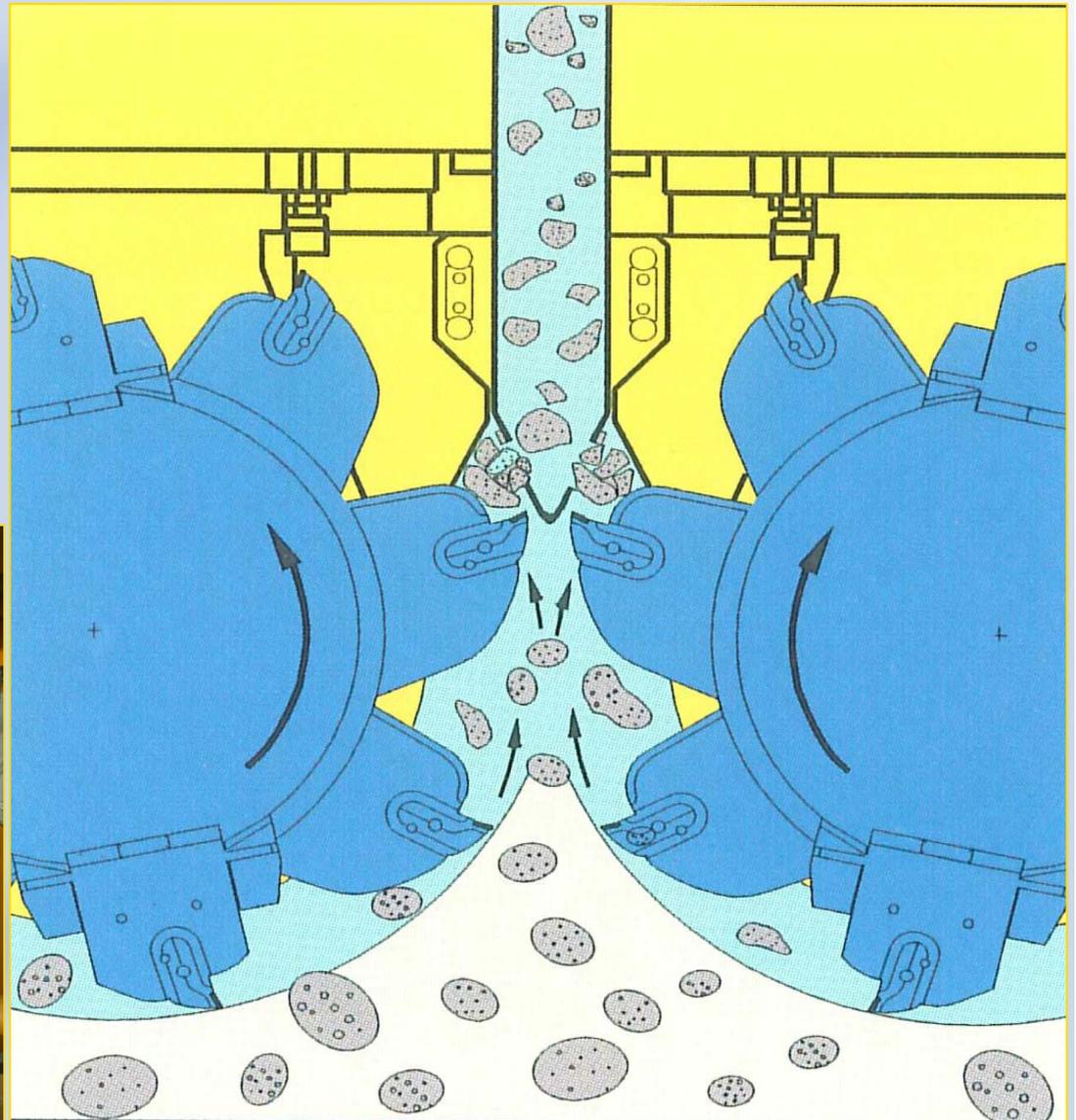
- **dureza del terreno**
- **profundidades elevadas**
- **exigencias de verticalidad por debajo del 0,2%**



Principio de funcionamiento de las hidrofresasas

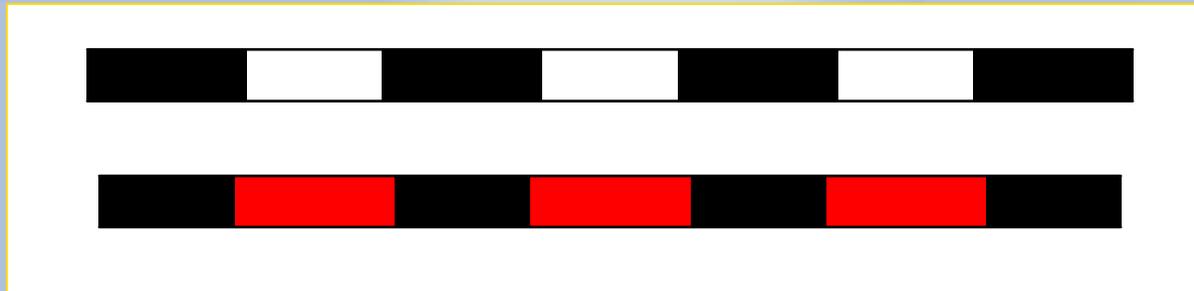


Ruedas de corte con dientes

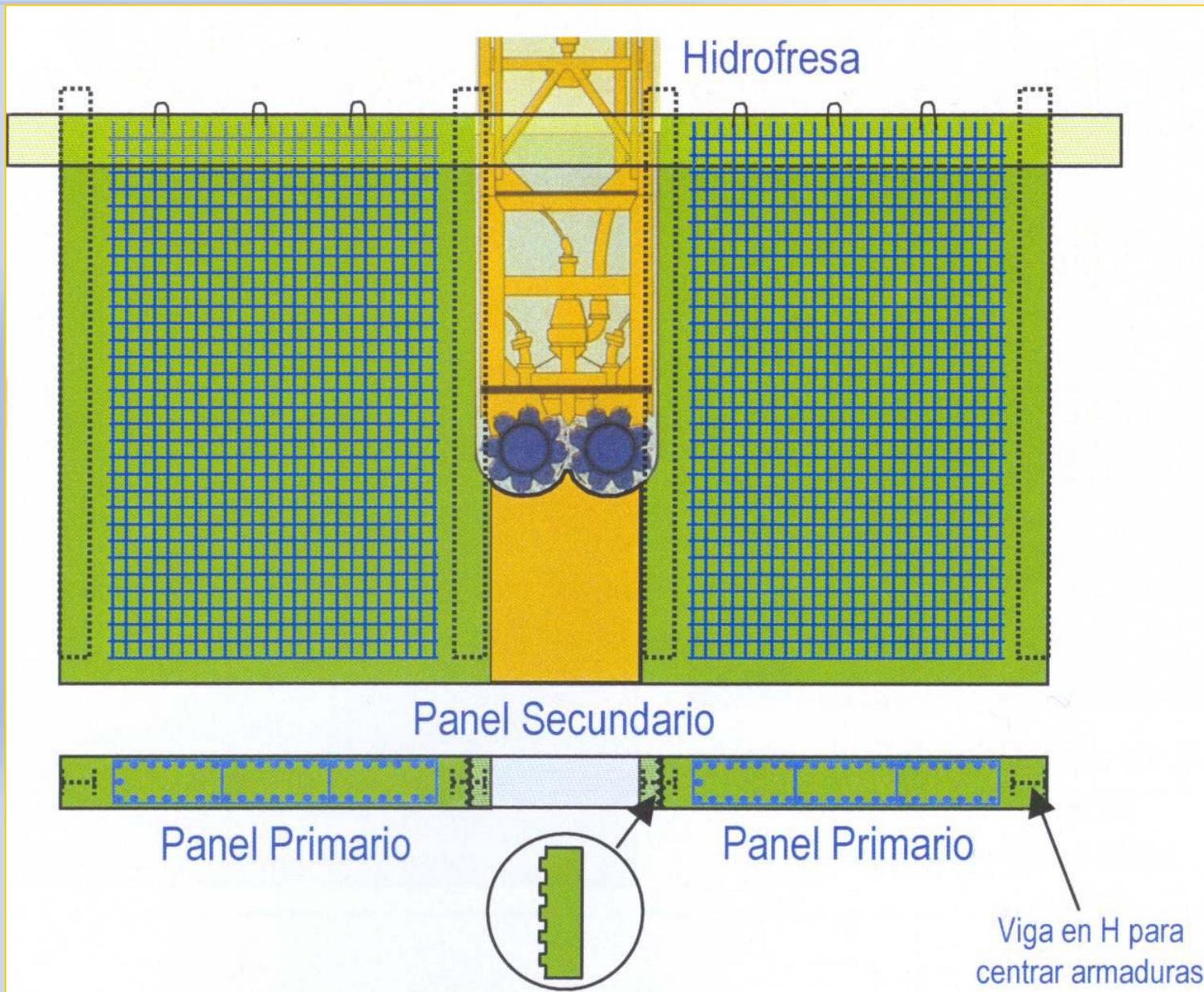


Hidrofresas

- ✦ **Excavación previa de unos 3 m para cebar la bomba**
- ✦ **Paneles primarios y secundarios: cuando se ejecutan los secundarios se fresan un mínimo de 10 cm de los primarios**



- ✦ **Llevan incorporadas inclinómetros para controlar desvíos**
- ✦ **Permiten corregir la verticalidad mediante “flaps” de empuje contra las paredes de la excavación**



GEOCISA

Pantallas continuas

BC-40 HTS







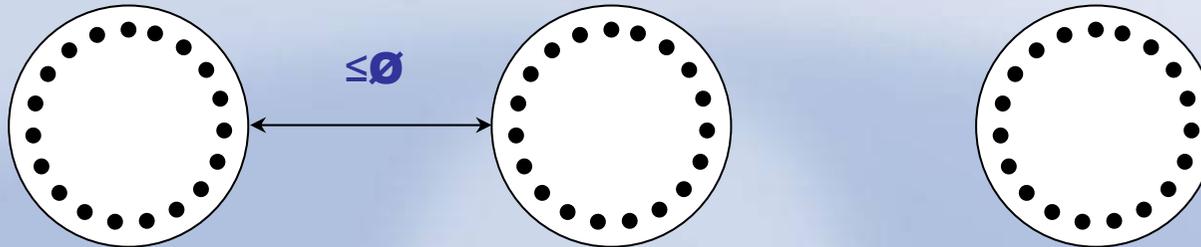
Planta de lodos para hidrofresa

Pantallas de pilotes

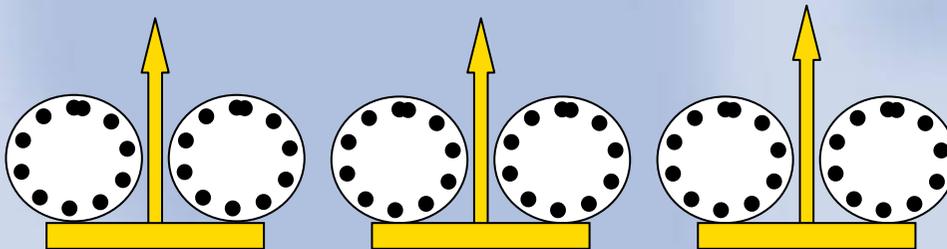
- Puede ser pantalla discontinua de pilotes o de pilotes secantes (continua)
- La pantalla discontinua de pilotes cale si nivel freático es inferior al fondo de vaciado
- Diámetros de pilotes: $\varnothing = 45, 50, 55, 60, 65, 80, 100, 120, 150, 180$ y 200 cm



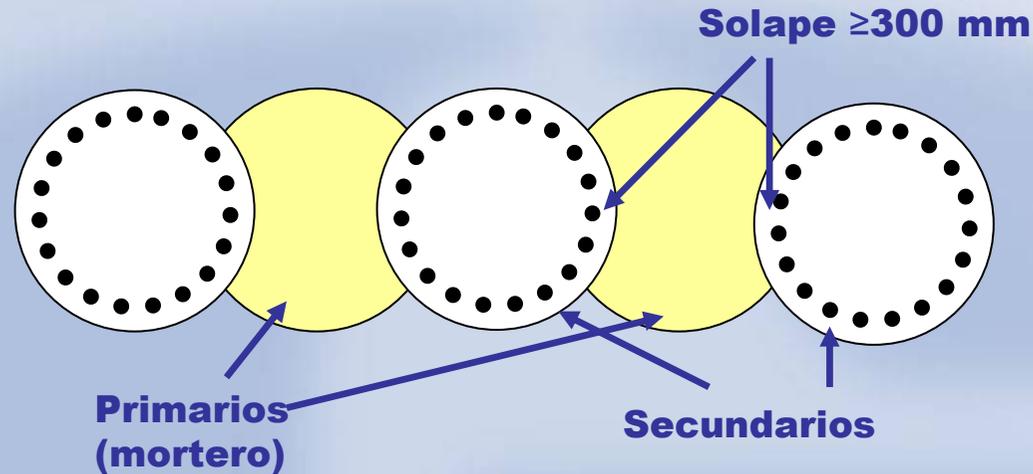
Pantalla discontinua de pilotes



- La pantalla discontinua de pilotes suele ser más económica que la pantalla continua
- Si hay anclajes o arriostramientos, todos los pilotes deben estar sujetos por ellos

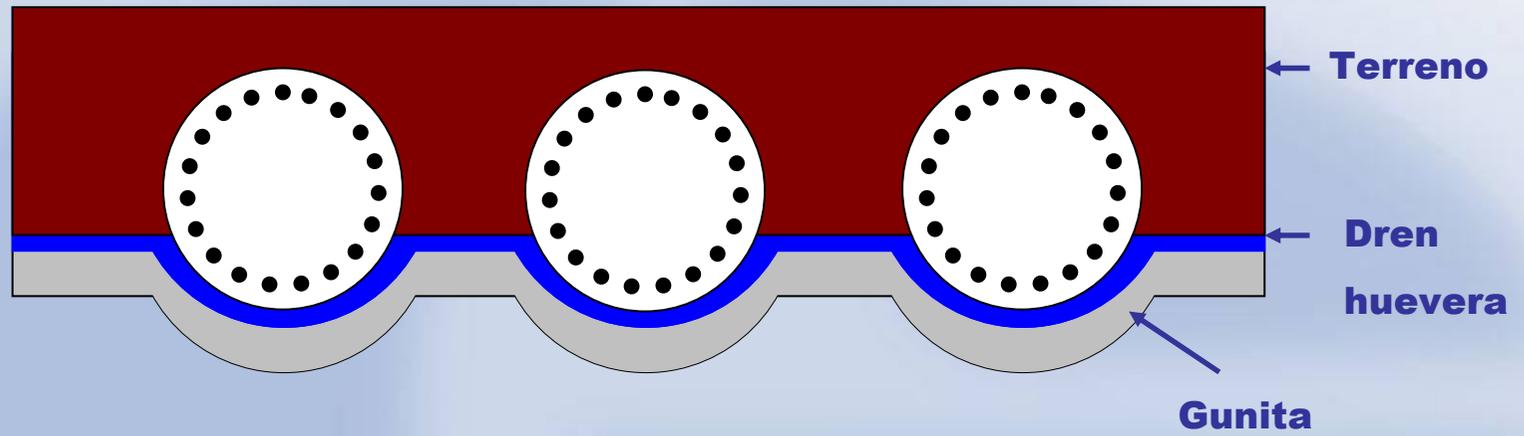


Pantalla de pilotes secantes



- ✦ La pantalla de pilotes secantes suele ser más cara que la pantalla continua, si no hay capas de terreno duro que dificulten la excavación de las pantallas
- ✦ Se hacen por primarios, de mortero, y secundarios de hormigón armado
- ✦ Los diámetros de los pilotes, y la huella / mordida de los pilotes dependen del diseño estructural, la verticalidad y la profundidad de los pilotes
- ✦ Si hay anclajes o arriostramientos, todos los pilotes deben estar sujetos por ellos

Acabado



Tipos de pilotes

✦ **Los tipos de pilotes se distinguen según el método de perforación:**

- **hélice continua**
- **pilote en seco**
- **pilotes con lodos**
- **pilotes con entubación recuperable**



**Aumento
de coste**

✦ **Para una pantalla de pilotes secantes, se deben ejecutar pilotes entubados (para asegurar la verticalidad de la perforación)**

Aumento de coste


Tipo de pilote	Limitaciones
Hélice continua	Terrenos blandos Profundidad < 25 m; longitud armado < 15 m 35 cm < diámetro < 125 cm
En seco	Terrenos totalmente estables, sin NF Diámetro $\phi > 45$ cm
Con lodos	Terrenos +/- estables Terreno donde no se pierde el lodo de perforación Diámetro $\phi > 80$ cm
Entubados	La entubación no puede penetrar roca Longitud de entubación < 15 a 25 m, según el equipo, diámetro y terreno Diámetro $\phi > 60$ cm

Es frecuente emplear sistemas mixtos; p.e. entubado hasta cierta profundidad, y luego con lodos

Proceso constructivo : Fases previas

- ✦ **Plataforma de trabajo:**
 - Horizontal**
 - Ancho plataforma >12 m**
 - Cota plataforma > al N.F. en 1,5 m**
- ✦ **Murete guia:**
 - Dimensión variable en función de: espesor de pantalla, profundidad y terreno sobre el que asienta**
 - Necesario para pantalla de pilotes secantes; opcional para pantalla discontinua**
 - Separación igual al ancho de pantalla más 3 a 5 cm**

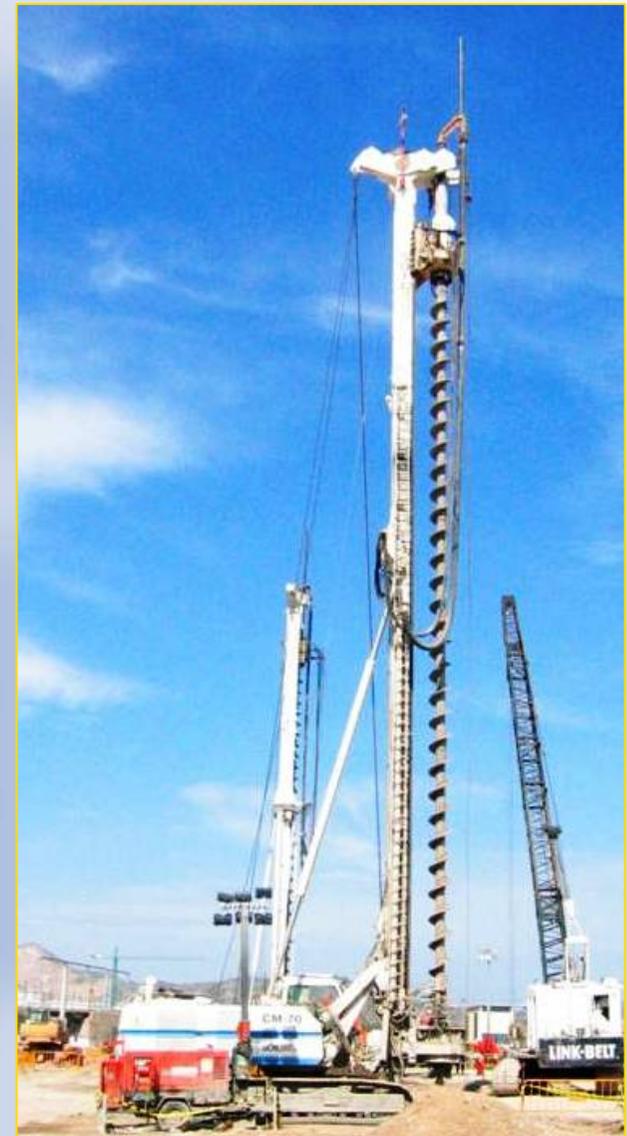


Proceso constructivo : pilotes

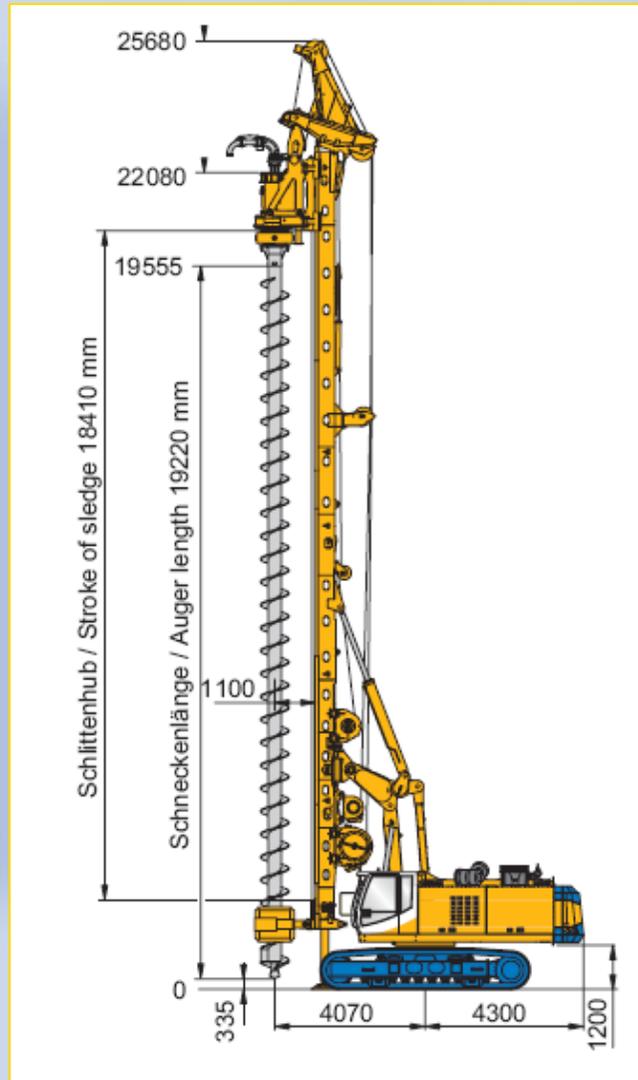


Pilotes de hélice continua (CPI 8)

- ✦ Son pilotes en los que la perforación se realiza con una hélice de la longitud total del pilote, que se introduce a rotación.
- ✦ El hormigonado se realiza mediante bombeo, a través del eje central de la barrena. Se levanta la barrena a medida que se inyecta, hasta llegar a la plataforma de trabajo, que es cuando acaba la fase de hormigonado.
- ✦ Una vez concluido el hormigonado, se introduce la armadura en el hormigón fresco, por gravedad o mediante un dispositivo vibratorio montado en la parte superior de la misma.



Pilotadoras con hélice continua



Pilotes en seco (CPI 7)

- ✦ **Pilotes excavados sin ningún medio de sostenimiento de las paredes de la excavación.**
- ✦ **No puede haber presencia de nivel freático.**
- ✦ **El terreno tiene que ser claramente estable.**
- ✦ **Se excavan, normalmente, con hélice.**
- ✦ **Normalmente se introduce una virola a rotación que haga las veces de murete guía.**
- ✦ **En pequeños diámetros, si el terreno lo permite, se puede excavar sin virola.**



Pilotes con lodos (CPI 6)

- ✦ **Pilotes excavados utilizando lodos de perforación como medio de sostenimiento de las paredes de la excavación**
- ✦ **Los lodos que se utilizan pueden ser bentonita, lodos mixtos o polímeros.**
- ✦ **Necesitan murete guía o virola de chapa de acero que se introduce a rotación o con vibrador.**



Pilotes con entubación recuperable (CPI 4)

- ✦ **Pilotes con entubación recuperable:**
- ✦ **Son pilotes que se excavan utilizando una entubación recuperable como medio de sostenimiento de las paredes de la excavación.**
- ✦ **La entubación se introduce en el terreno simultáneamente a la excavación, y siempre por delante de ésta.**
- ✦ **Esta entubación es empalmable mediante tornillos (hay otros sistemas).**
- ✦ **El primer tramo que se introduce, llamado “zapata”, lleva dientes o cualquier otro sistema de corte del terreno, para facilitar su introducción.**
- ✦ **En función del diámetro y profundidad la entubación se introduce con la cabeza de rotación (con o sin multiplier), o con morsa.**



Tubo zapata con la base dentada para facilitar la introducción en el terreno



Introducción de la entubación recuperable mediante la cabeza de rotación con campana de arrastre

Tubos de empalme



Extracción de la entubación recuperable:

Normalmente se extrae con morsa, durante el proceso de hormigonado, y siempre introducida dentro del hormigón.

Útiles para perforación en roca



Cazo



Hélice

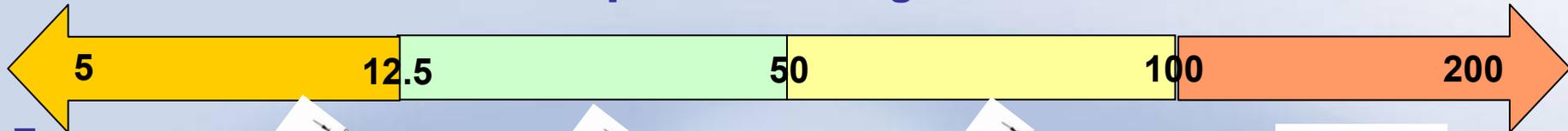


Carotieri

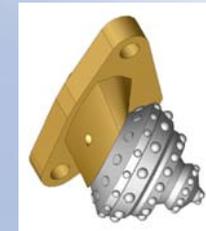
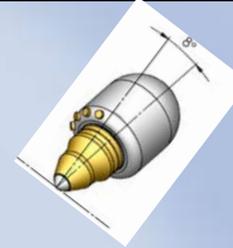
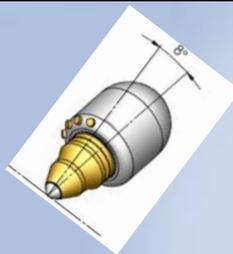
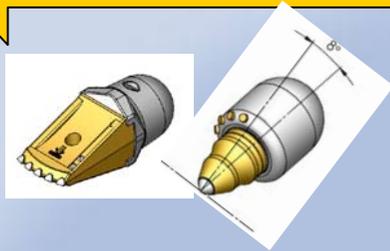
- ✦ $rc > 50\text{kg/cm}^2$: dientes de widia
- ✦ $rc > 100\text{ kg/cm}^2$: picas de widia
- ✦ Rendimiento = $k * \text{Par equipo}$
- ✦ Rendimiento = $1/k * \text{sección}$
- ✦ 0,5 a 1 m hora

Rock Drilling - Kelly Mode Suitability of Tools

Compressive strength MPa



T
e
e
t
h

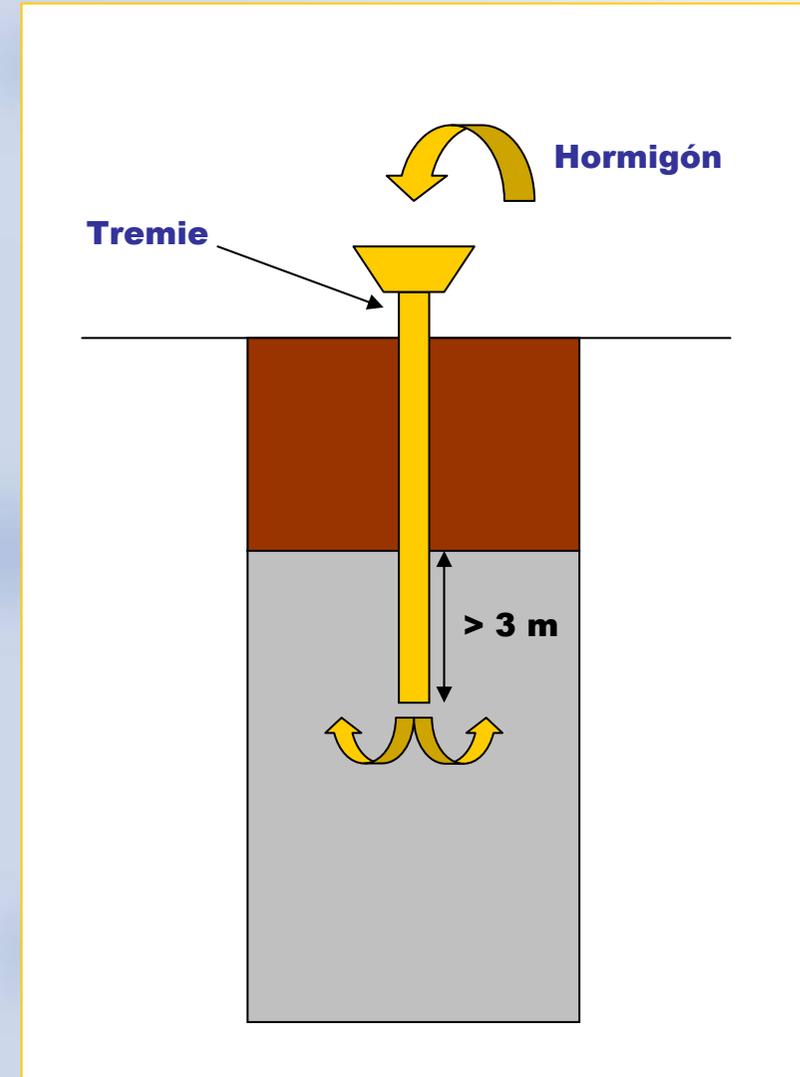


T
O
O
L
S



Técnica de hormigón sumergido

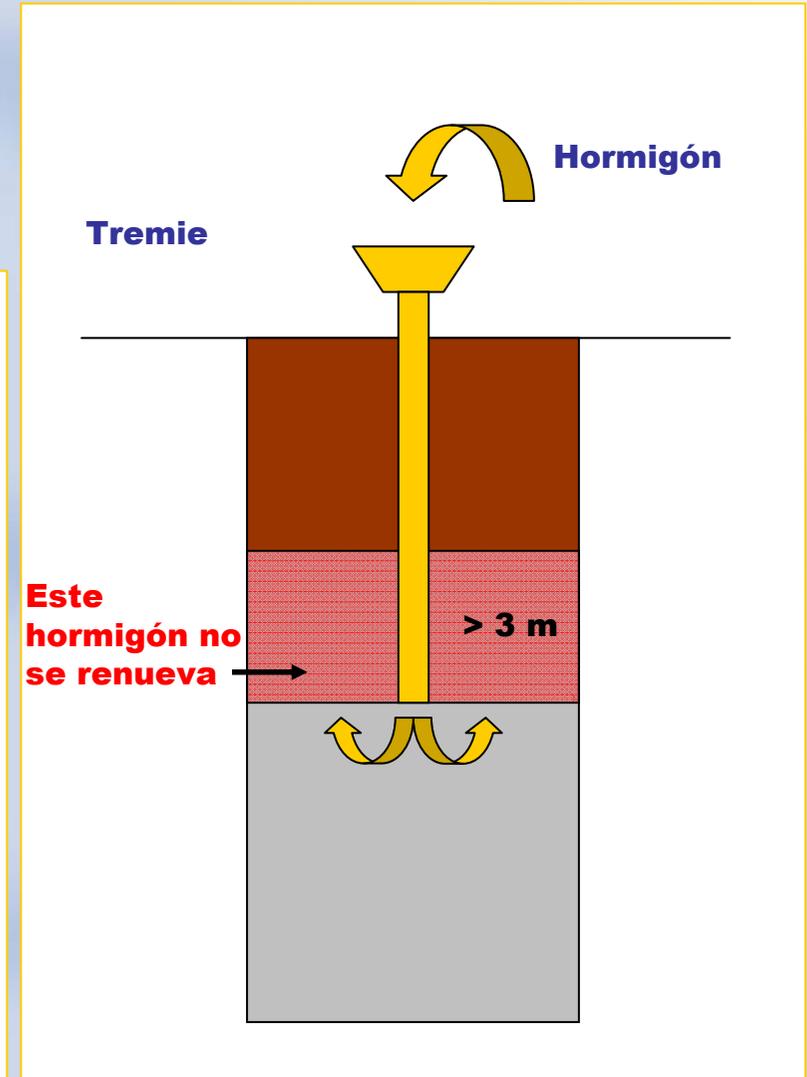
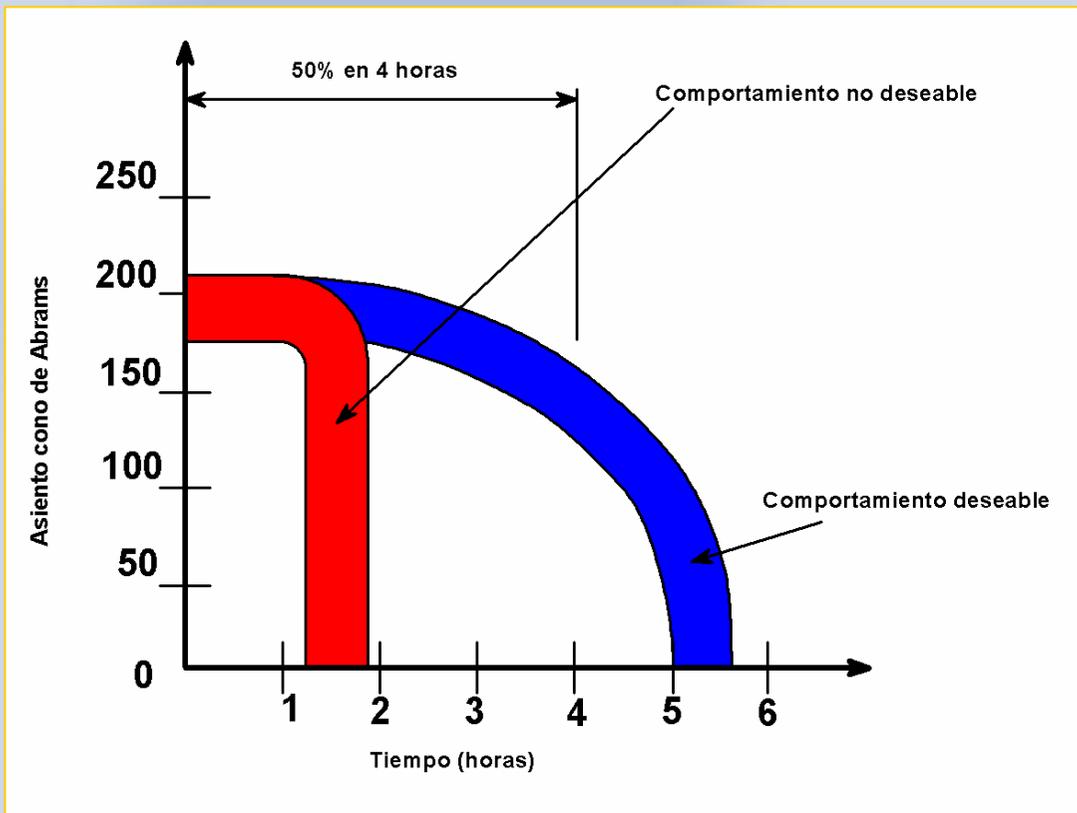
- Se emplea cuando no se puede hormigonar con la técnica tradicional de vertido y vibrado del hormigón
- Consiste en hormigonar a través de una tubería tremie que siempre queda sumergida en la masa del hormigón
- Este hormigón no se puede vibrar, luego el compactado del hormigón se produce automáticamente durante el proceso de hormigonado
- Además, el hormigón tiene que atravesar las armaduras, garantizando los recubrimientos
- Por ello se debe emplear un hormigón líquido



Características básicas del hormigón sumergido

- ✦ **La consistencia debe ser líquida : con asiento en el cono de Abrams superior a 15 centímetros. Y debe mantener esta consistencia en el tiempo (50 % en 4 horas.)**
- ✦ **Debe tener una gran docilidad, o sea, debe tener el mínimo rozamiento interno posible, para lo cual es muy importante la fracción fina de la curva combinada y el contenido de cemento.**
- ✦ **Las especificaciones de la resistencia y durabilidad del hormigón endurecido deberán ser compatibles con las exigencias de trabajabilidad, según norma UNE-EN-1538, (Ejecución de trabajos geotécnicos especiales / Muros pantalla)**

Características básicas del hormigón sumergido

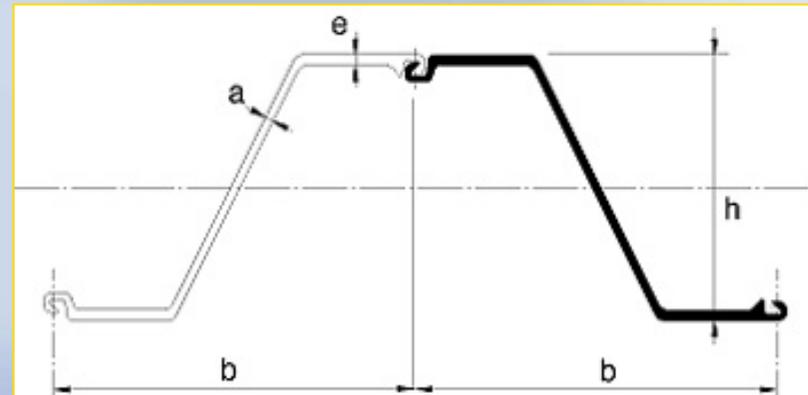


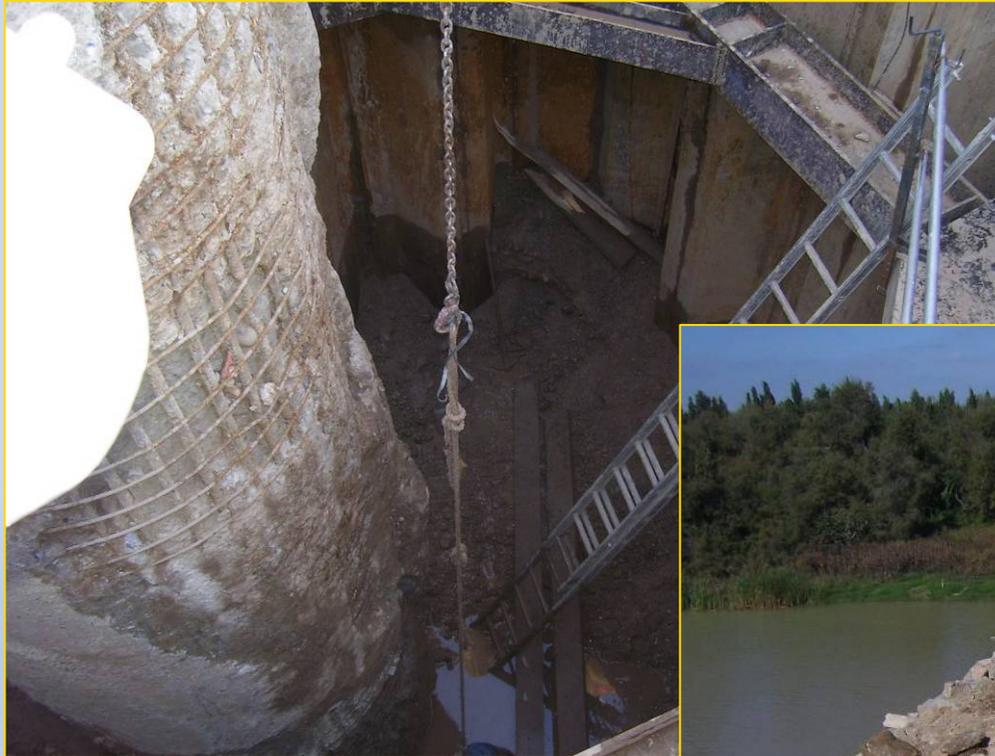
- ✦ **Micropilotes cada 40 a 60 cm con filas de anclajes cada 3 a 4 m**
- ✦ **Mayores desplazamientos**
- ✦ **Indicado solamente en terreno rocoso**



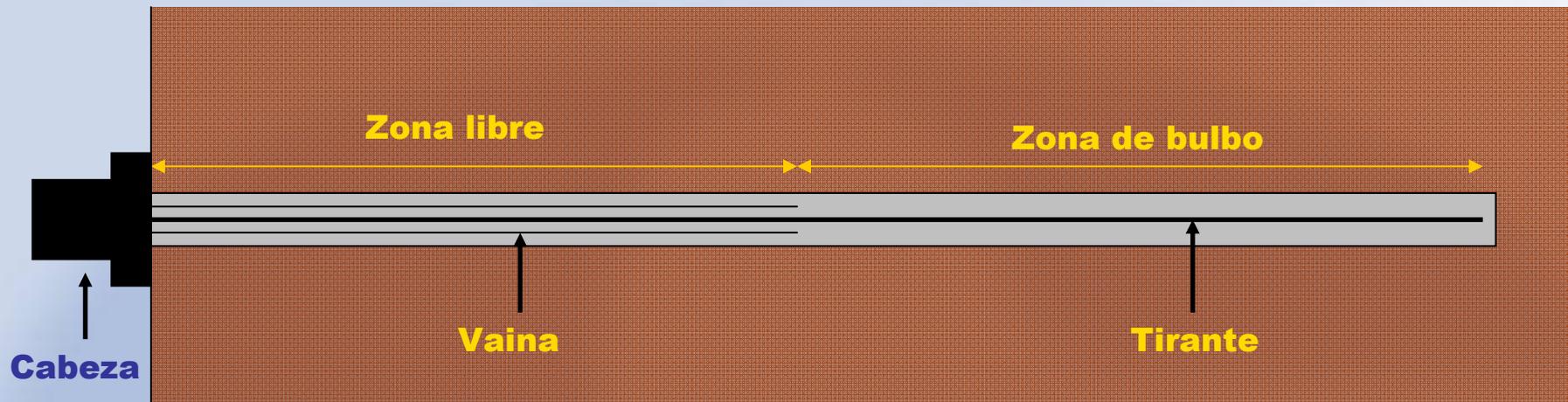


La hincas de las tablestacas se hace por medio de mazas de golpeo (lentas o rápidas, de simple o doble efecto), a presión o mediante aparatos vibradores adecuados.





Anclajes al terreno



- ✦ Longitud libre: llevar carga hasta terreno fuera de zona activa: $L_l > 5 \text{ m}$
- ✦ Longitud bulbo: transmitir carga al terreno por adherencia: $5 \text{ m} < L_b < 14 \text{ m}$

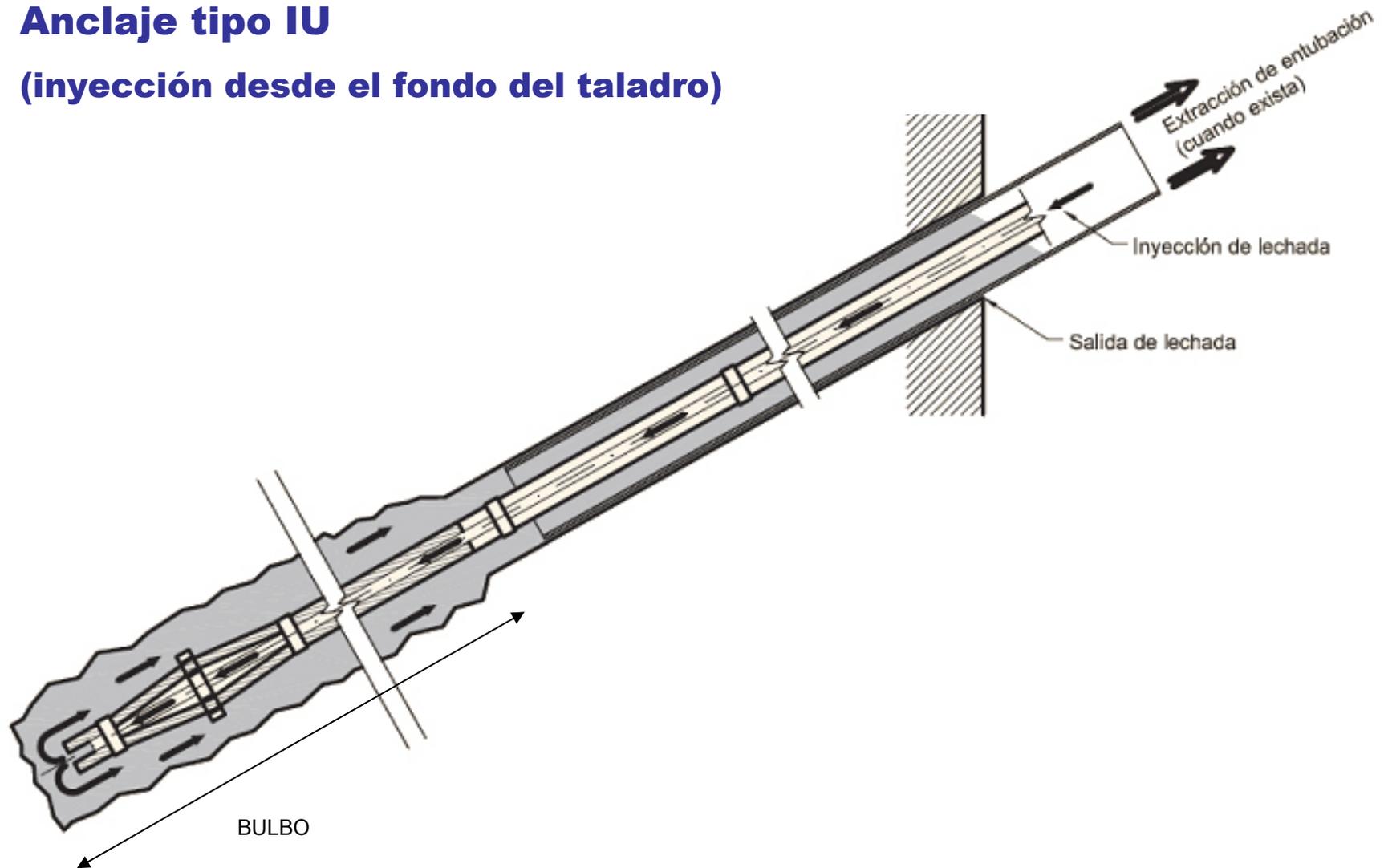
Anclajes al terreno

- ✦ **Activos o pasivos**
- ✦ **De cables o de barra**
- ✦ **Permanente o provisionales**
- ✦ **Re-tesables y no re-tesables**
- ✦ **También se clasifican, en función de la inyección, como:**
 - **Inyección única (IU)**
 - **Inyección repetitiva (IR)**
 - **Inyección repetitiva y selectiva (IRS)**
- ✦ **Normativa:**
 - ✦ **UNE**
 - ✦ **Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera (Ministerio de Fomento)**
 - ✦ **Recomendaciones para el proyecto, construcción y control de anclajes al terreno (Colegio ICCP y ACHE) 3ª edición**



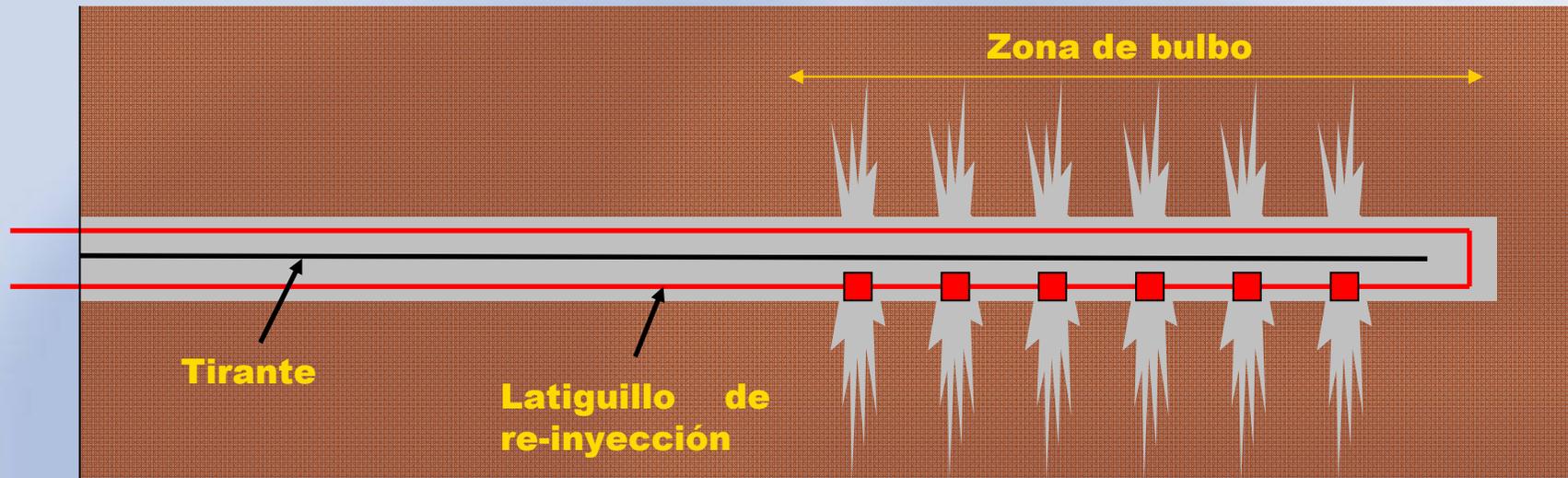
- ✦ **Los anclajes de cable suelen ser activos**
- ✦ **Los anclajes de barra son activos o pasivos**
- ✦ **Los anclajes largos ($L_{total} > 12m$) suelen ser de cable**
- ✦ **Permanente $t > 2$ años y dispone de doble protección (vaina PVC)**
- ✦ **Provisionales $t \leq 2$ años**
- ✦ **Anclajes permanentes suelen ser re-tesables**
- ✦ **Se elige el tipo de inyección por economía, y en función del terreno:**
 - **Inyección única (IU): anclaje “básico”**
 - **Inyección repetitiva (IR): anclaje mejorado y económico**
 - **Inyección repetitiva y selectiva (IRS): mayor calidad y más caro**

Anclaje tipo IU (inyección desde el fondo del taladro)



Anclaje tipo IR

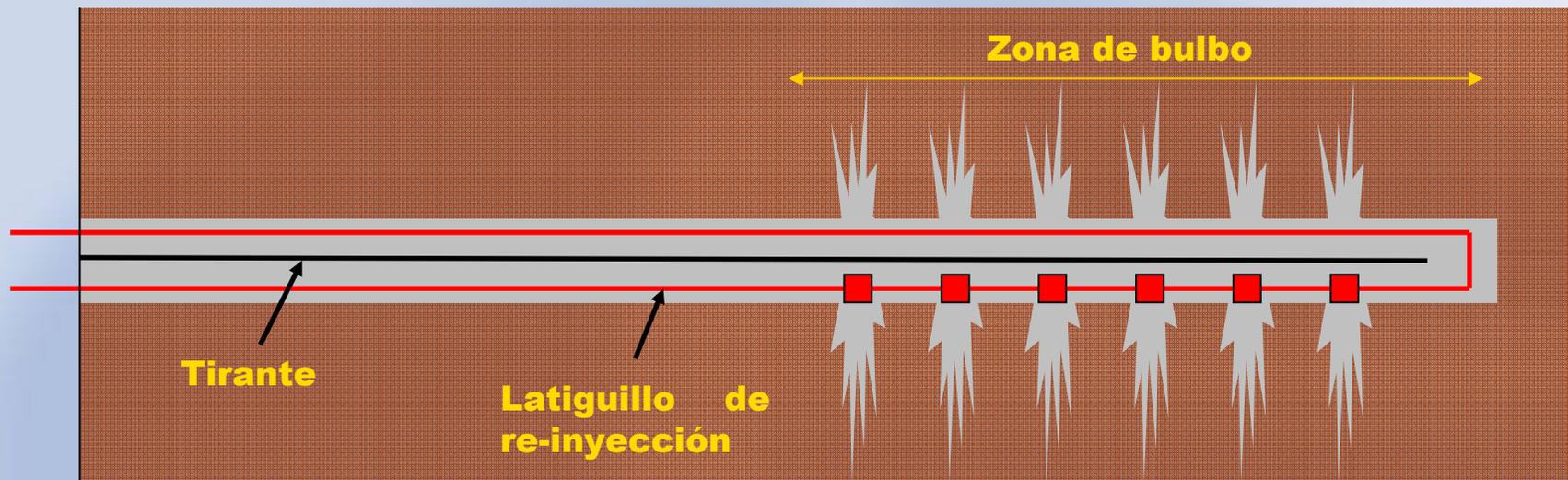
(inyección a través de manguitos con obturación en boca)



- ✦ El tirante es igual que en el tipo IU, pero se añade un latiguillo de re-inyección de 1", con válvulas anti-retorno (manguitos) en la zona de bulbo
- ✦ La re-inyección se hace obturando en boca

Anclaje tipo IRS

(inyección a través de manguitos con doble obturador)

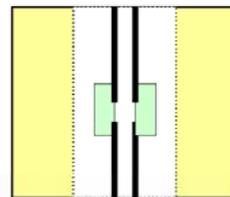
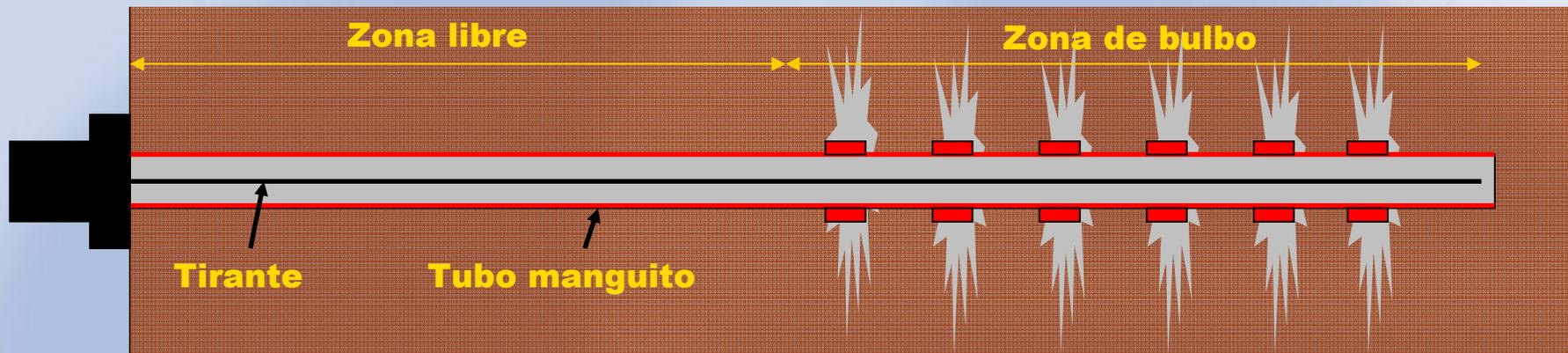


- ✦ El tirante es igual que en el tipo IU, pero se añade un latiguillo de re-inyección de 1", con válvulas anti-retorno (manguitos) en la zona de bulbo
- ✦ La re-inyección se hace con doble obturador

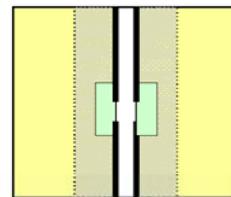


Anclaje tipo IRS (inyección a través de manguitos con doble obturador)

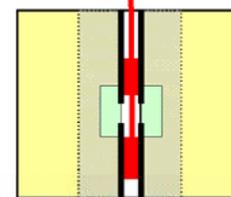
Se instala un tubo manguito metálico que se inyecta con doble obturador; terminada la re-inyección del bulbo, se instala el tirante normal (IU) dentro del tubo manguito y se inyecta



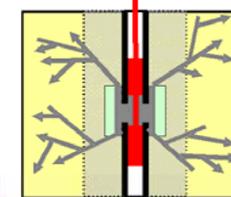
Perforación del taladro e instalación del tubo manguito



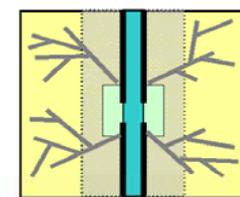
Inyección de sellado



Introducción del obturador doble, aislando manguito



Inyección a presión



Lavado del taladro para posteriores fases de inyección

Proceso de Inyección con tubos manguito

Diseño

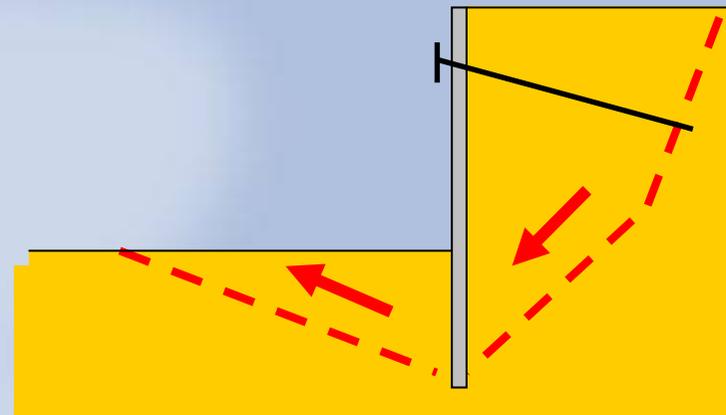
- Comprobación resistencia del tirante



- Comprobación arrancamiento del bulbo

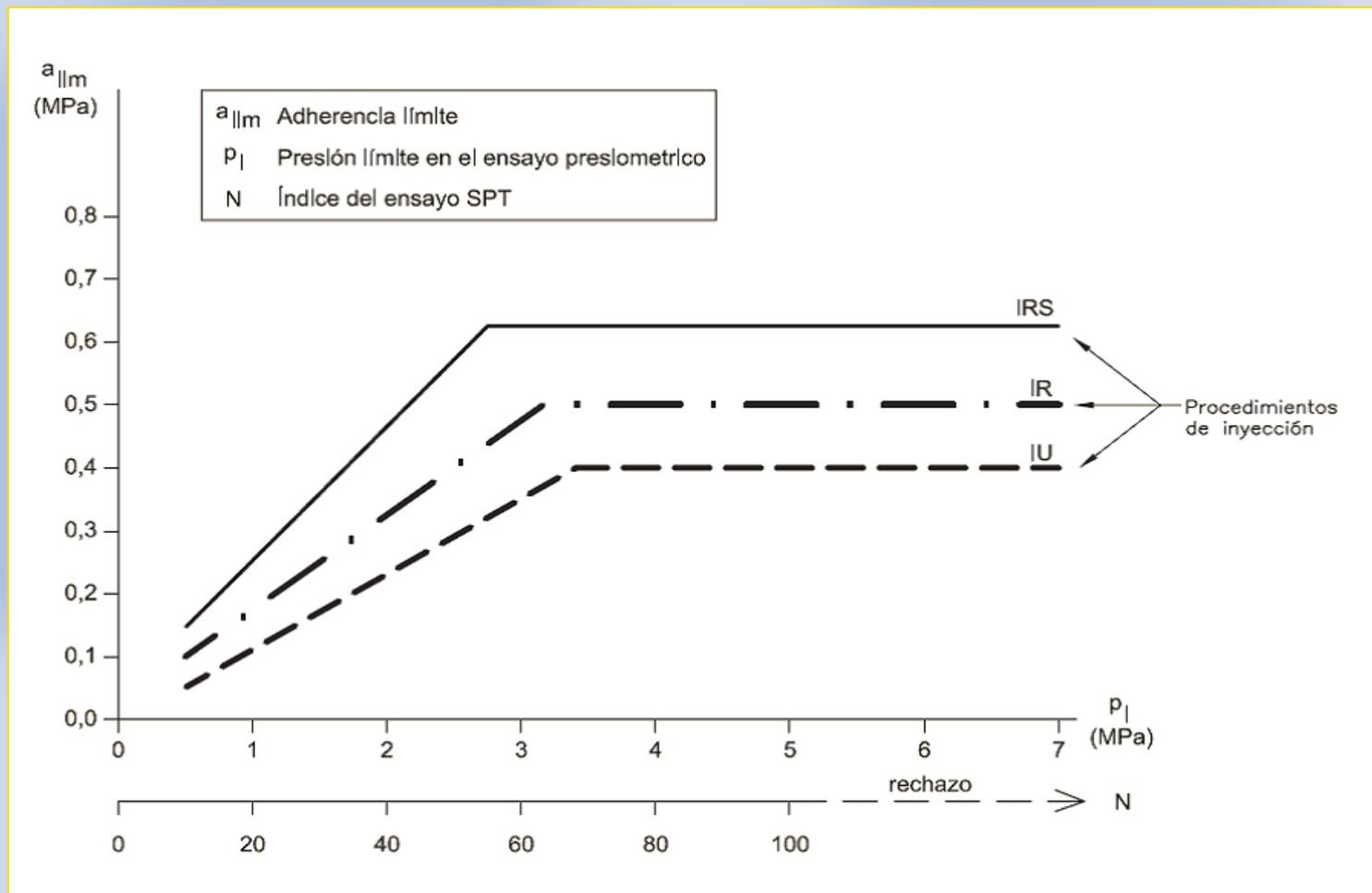


- Comprobación estabilidad global

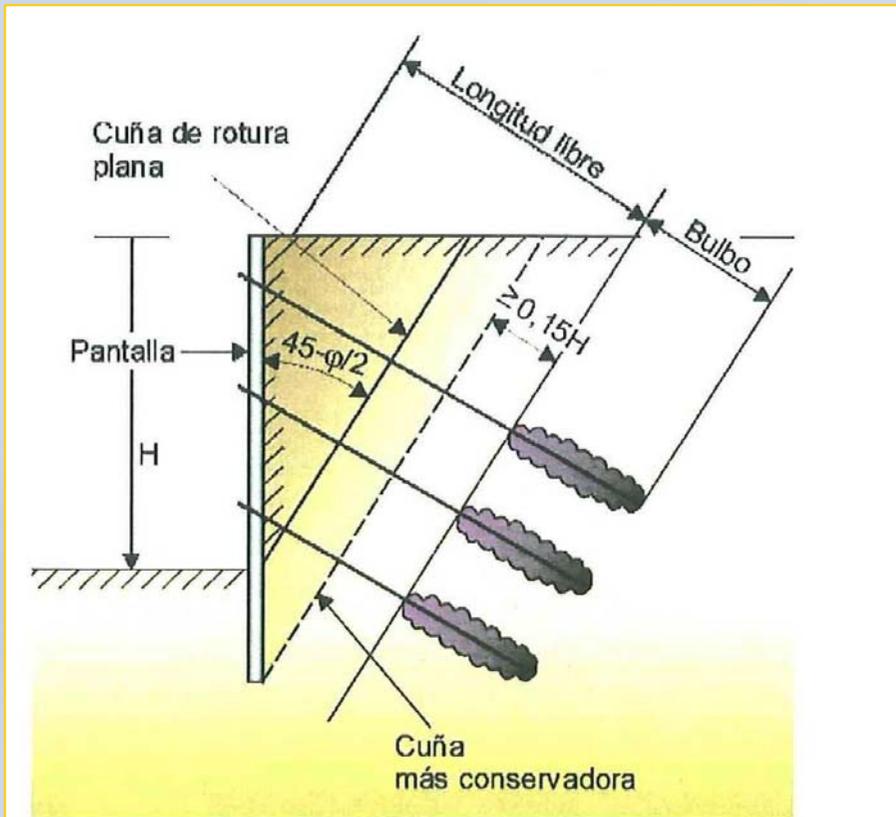


Arrancamiento del bulbo

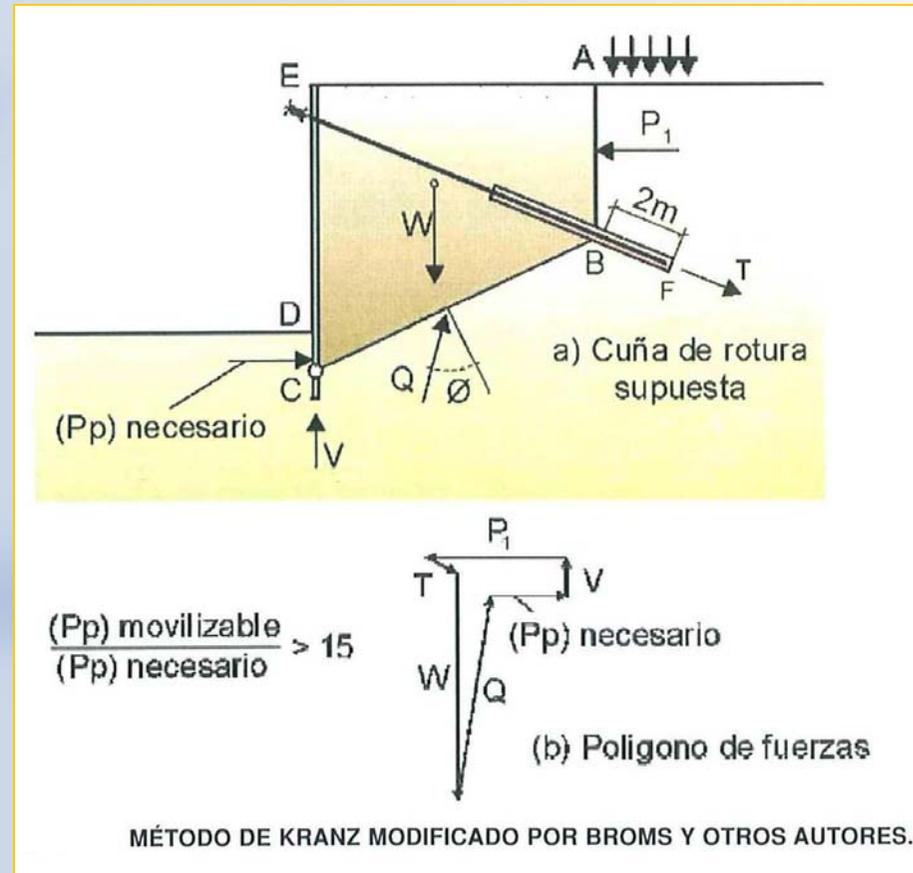
- Adherencia límite según terreno : $5\text{m} < L_b < 14\text{m}$
- La adherencia varía según el terreno y el tipo de inyección



Longitud libre y estabilidad global



CRITERIO TRADICIONAL PARA DEFINIR LA LONGITUD DE ANCLAJES.



- Longitud libre: llevar carga hasta terreno fuera de zona activa: $LI > 5 m$
- Comprobación estabilidad global arrancamiento del bulbo



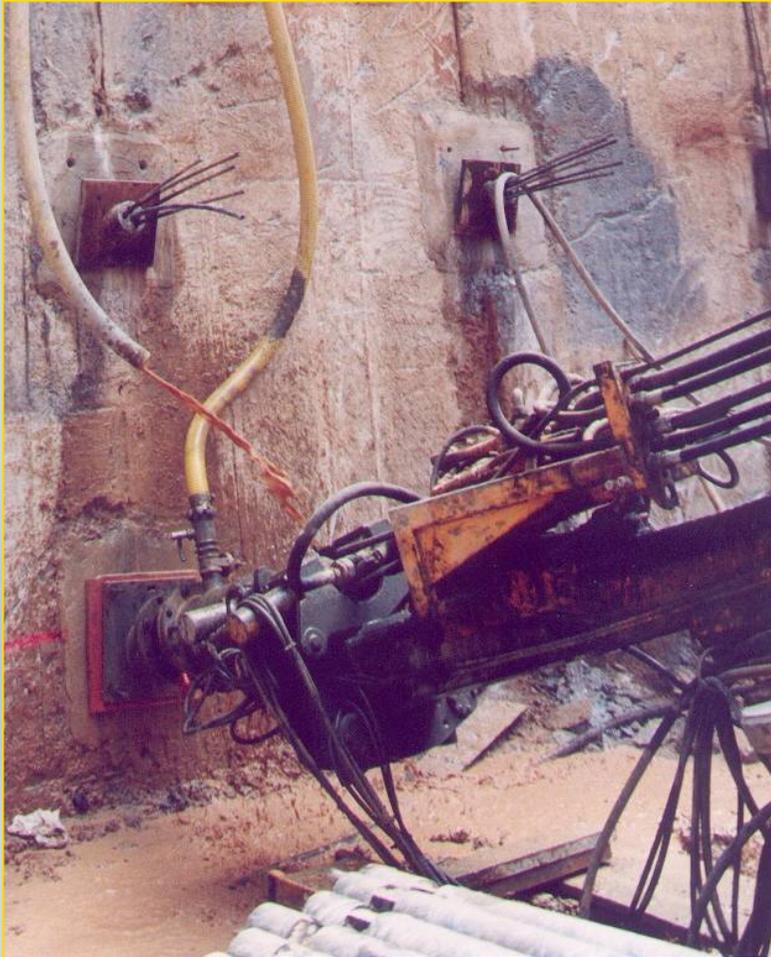
Perforación



Instalación de los tirantes e inyección



Tesado



Dispositivo emboquille bajo NF





GEOCISA

Arriostramientos metálicos





Los arriostramientos se retiran a medida que se ejecutan los forjados.

!OJO! : No deben coincidir en cota



La deformación de las pantallas puede dar lugar a asientos en el trasdos:

- **Fisuras en edificios medianeros; problemas con servicios enterrados**
- **Controles estrictos en obras que pudiesen afectar al Metro**
- **Problemas con la perforación de anclajes ?**

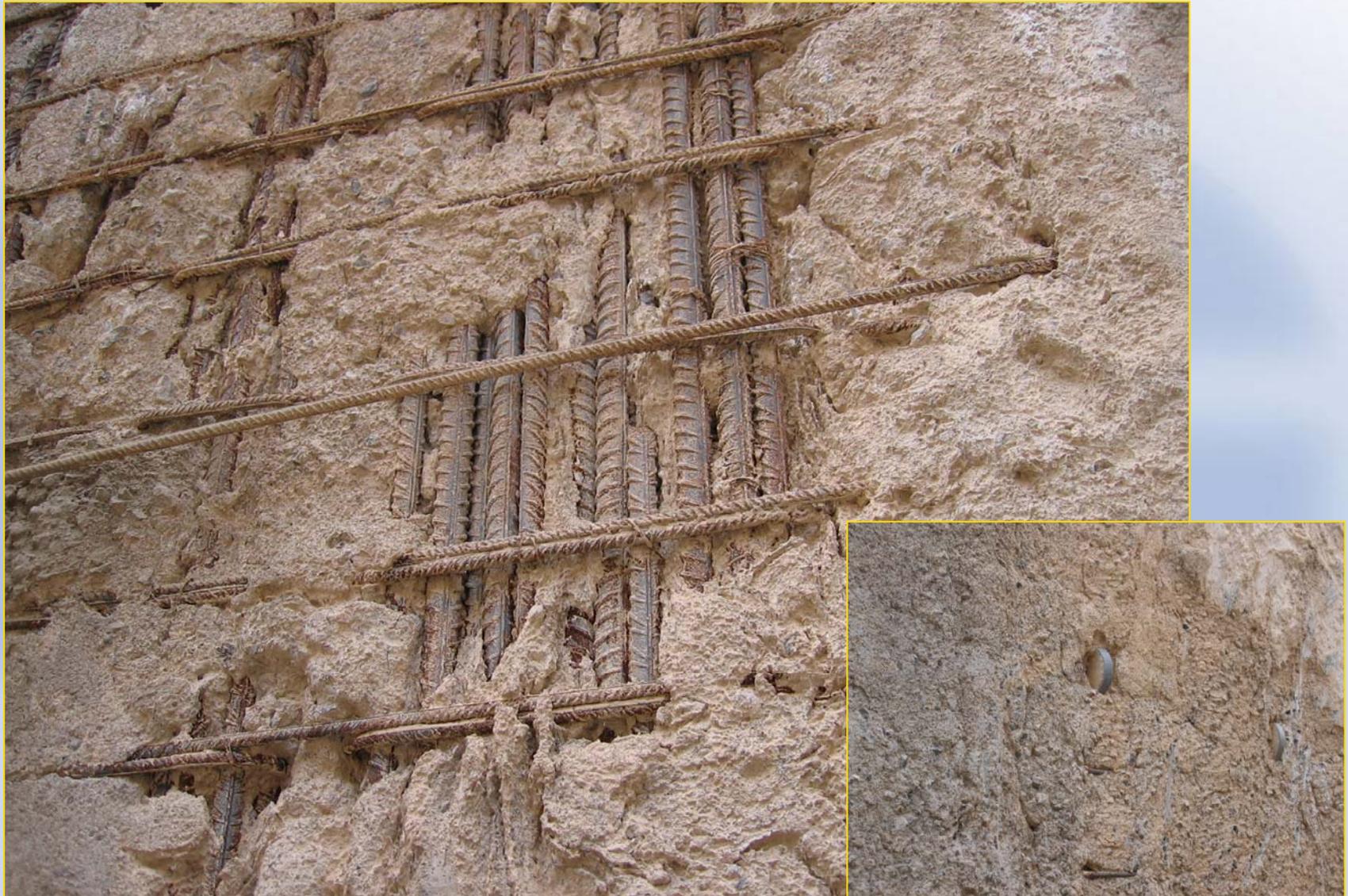
Los problemas en las pantallas y pilotes vienen por distintas causas:

- **Empleo de un hormigón inadecuado y/o una armadura demasiado densa**
- **Falta de desarenado de los lodos de perforación**
- **Corte durante el hormigonado**

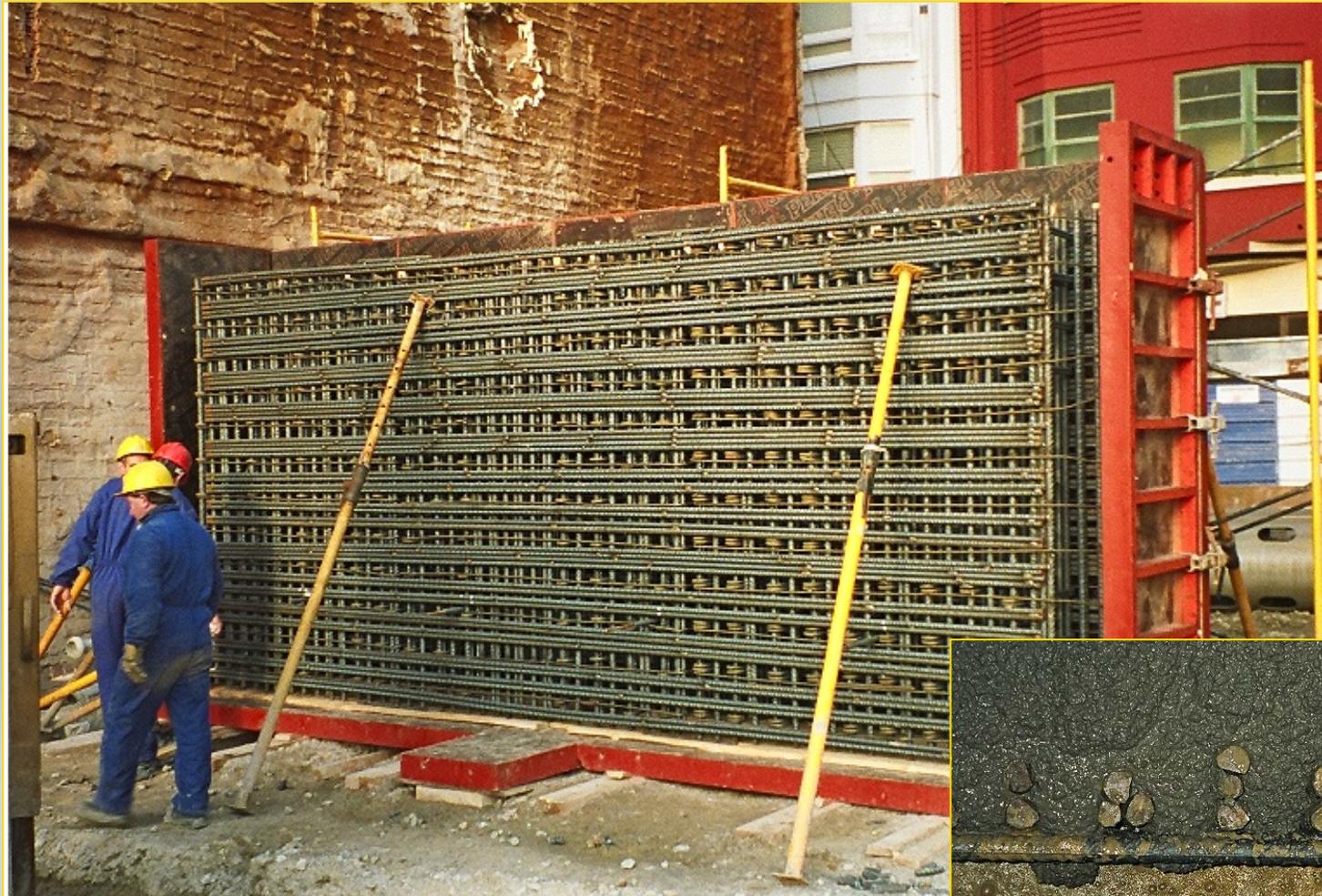
Empleo de un hormigón inadecuado y/o una armadura demasiado densa



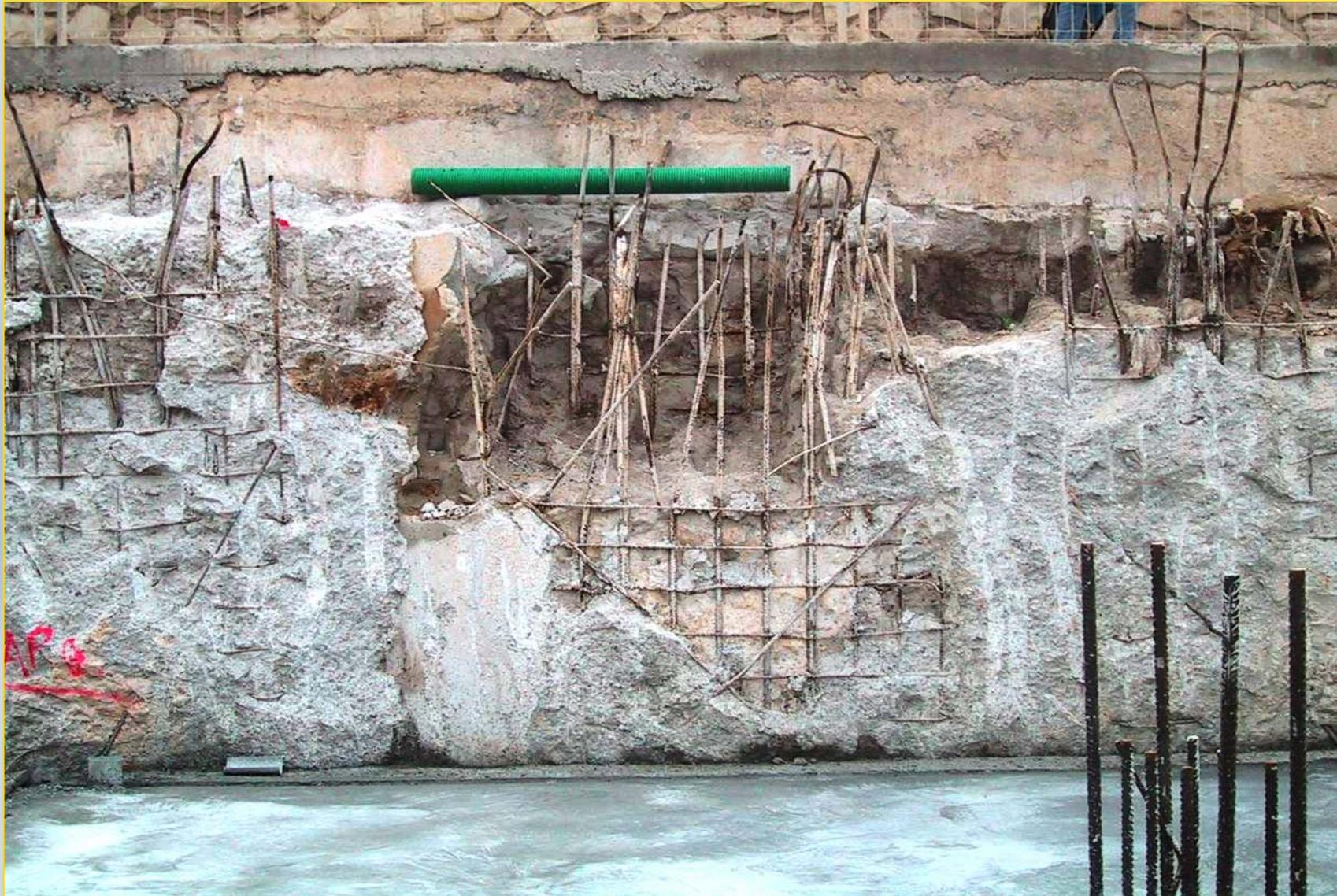
Empleo de un hormigón inadecuado y/o una armadura demasiado densa



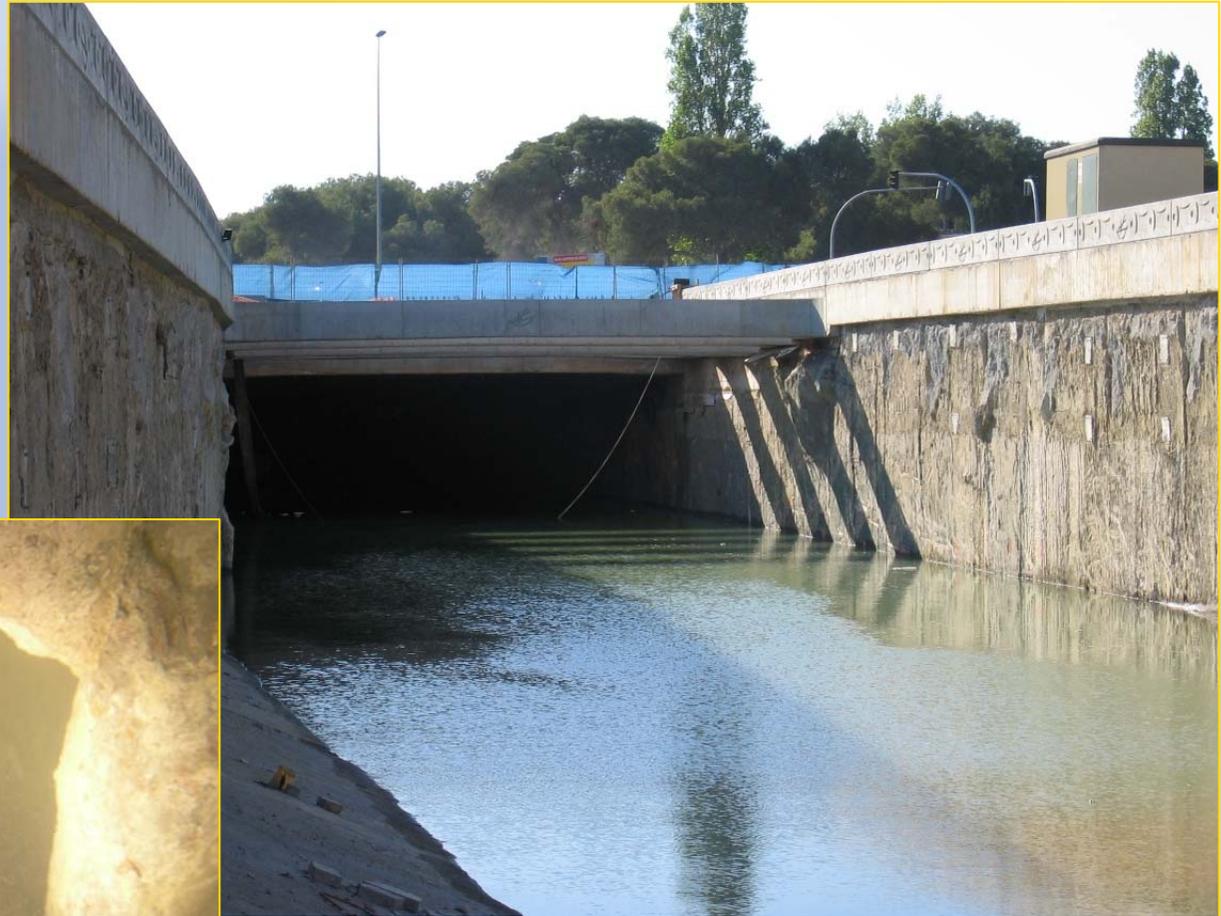
Empleo de un hormigón inadecuado y/o una armadura demasiado densa



Falta de desarenado de los lodos de perforación



Falta de desarenado de los lodos de perforación



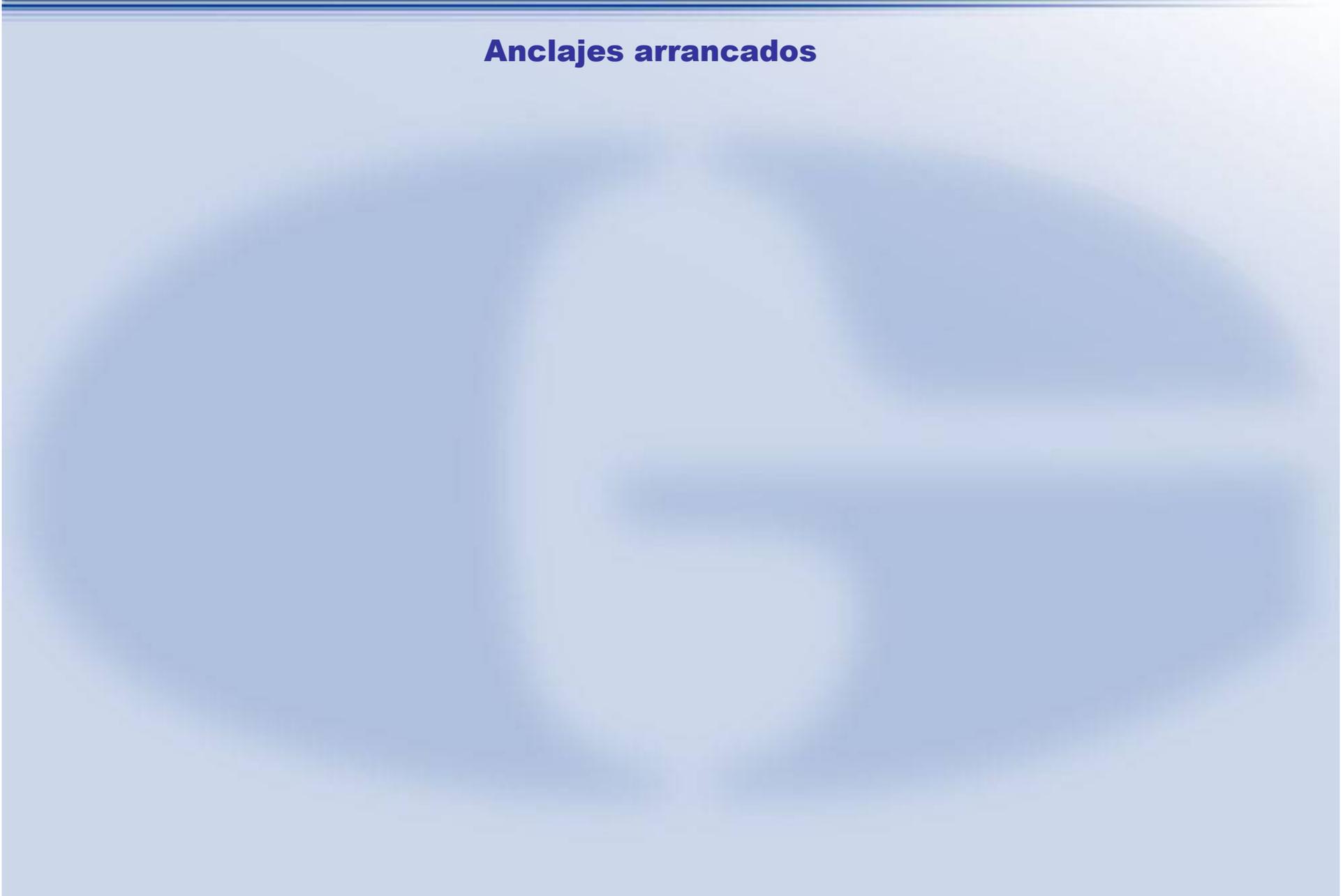
Falta de desarenado de los lodos de perforación



Pantallas sin junta de hormigonado



Anclajes arrancados



Arriostramiento pandeado



GEOCISA

Gracias por su atención

Riccardo Oprandi
Servicio técnico, estudios y ofertas
Dirección de Producción (Zona Norte)
Tel.: +91 660 3198