GEOTEC-262

REALIZACIÓN DE ANCLAJES PERFORADOS CON DOBLE ENTUBACIÓN

1. INTRODUCCIÓN 2
2. FASE 1: REALIZACIÓN DEL ANCLAJE 2
2.1 Fundamentos básicos 2
2.2 Pasos a seguir para la realización de anclajes de cable con doble entubado 5
3. FASE 2: TESADO DE LOS ANCLAJES 22
3.1 Herramientas y equipos 22
3.2 Procedimiento de ejecución del tesado 25
3.2.1 Colocación del gato antes del tesado 25
3.2.2 Tesado de los anclajes 28
3.2.3 Cálculo de la carga de tesado 32
3.2.4 Control de Alargamiento 34

REALIZACIÓN DE ANCLAJES DE CABLE CON DOBLE ENTUBACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

¿Cuándo hay que realizar anclajes de cable con doble entubación?
Los anclajes entubados se realizan cuando las condiciones del terreno no permiten realizar la perforación sin que se desmorone el terreno y obture la perforación. Normalmente se produce cuando hay gravas y arenas, entonces las paredes no se sostienen y el terreno tapona el agujero de la perforación y no se pueden introducir los cables del anclaje una vez se ha retirado las tuberías de perforación.

Existen varios tipos de inyección del anclaje, esta puede ser tipo IGU o IU (inyección única global) o IR (Inyección repetitiva).

La Inyección Única consiste en una única inyección de lechada a través del manguito de inyección convencional (macarrón).

La Inyección Repetitiva consiste en añadir (a parte del manguito de inyección convencional) otro manguito de doble recorrido (ida y vuelta) con las dos aperturas en la boca del anclaje y un codo a la parte final del bulbo, y seguidamente de válvulas separadas 0,5-1m según la necesidad. Las válvulas se abrirán solo cuando haya una determinada presión (2-5 bar), que se consigue inyectando por una de las dos aperturas y tapando la otra. De esta manera el montaje permite inyectar lechada en primer lugar, controlando la presión para saber cuándo el anclaje admite el máximo de lechada y en segundo lugar limpiar con agua, abriendo una de las salidas, para poder realizar posteriores obturaciones.

2. FASE 1: REALIZACIÓN DEL ANCLAJE

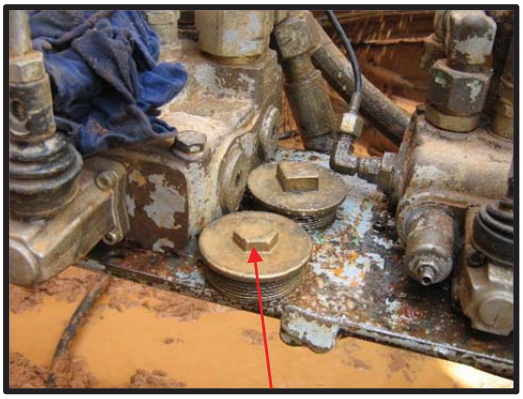
2.1 Fundamentos básicos

En principio, se trata de realizar una perforación con dos entubados, uno de diámetro menor y otro de diámetro mayor. Se perfora con las dos tuberías a la vez con el entubado de menor diámetro en el interior y el mayor en el exterior. Una vez realizada la perforación, se saca el tubo interior, y se deja el exterior, por el interior del tubo de mayor diámetro se introducen los cables del anclaje, se inyecta la lechada del cemento por el macarrón (o manguito de inyección) y, finalmente se saca el entubado de mayor diámetro y se deja el anclaje inyectado dentro.

Este procedimiento lo explicaremos paso por paso en los siguientes puntos.

A tener en cuenta antes de empezar la realización de anclajes de cable con doble entubado:

1- El cabezal presenta unas aberturas laterales que están tapadas con unos tapones



Tapones del cabezal

Obertura del cabezal (tiene una en cada lado)

Para la realización de anclajes entubados se han de extraer estos tapones laterales de manera que cuando el agua que se inyecta entra por el tubo interior, llega hasta el final de la perforación y sale al exterior por el espacio anular que hay entre los dos tubos mezclada con el detritus que se ha ido perforando.

Agua mezclada con materiales de la perforación, que sale a través de los agujeros que hemos destapado del cabezal.

2- La boca de perforación del entubado de diámetro más pequeño (el interior) es una trialeta o una tetraleta, que empuja y rompe el terreno con más facilidad. Esta boca presenta unos orificios por donde sale el agua que le estamos inyectando a presión a través de la tubería de perforación.

tetraleta

trialeta

3- La corona de perforación del entubado de diámetro más grande es una corona abierta (similar a la de los sondeos a rotación de testigo continuo).

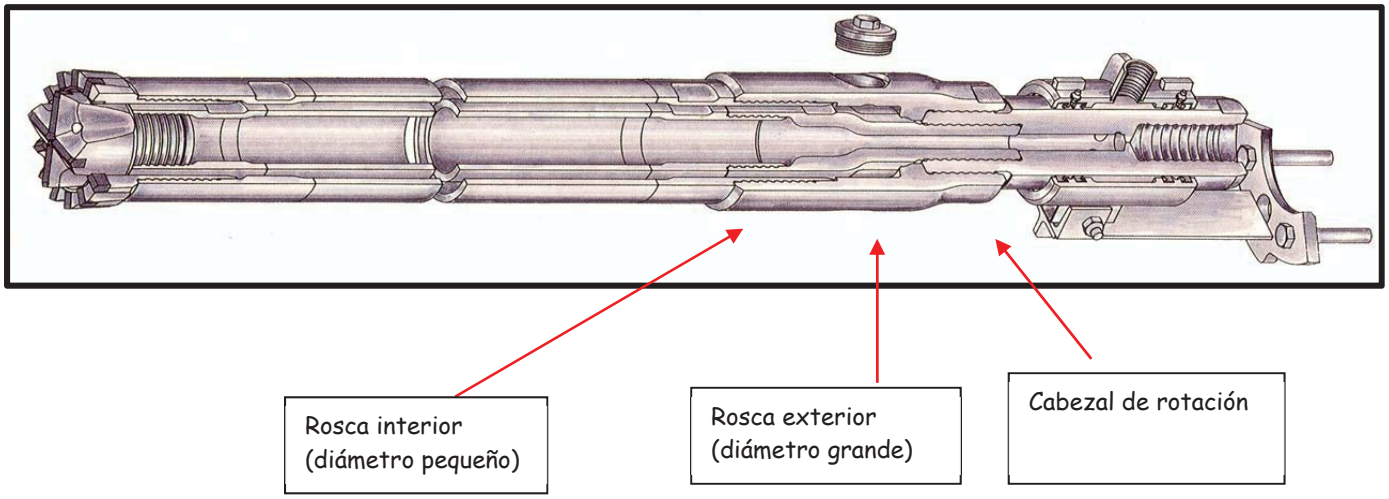
Boca de perforación en forma de corona

Por el orificio de esta boca de perforación sale la trialeta o tetraleta del tubo interior, y es por el anular de estos dos entubados por donde sale el material que se va perforando, mezclado con agua que le estamos inyectando, y que finalmente se expulsa al exterior por los dos orificios laterales que tiene el cabezal (que previamente hemos destapado).

4- En el caso de Geotec-262 S.L., actualmente se utilizan dos tipos de entubados (interior y exterior), ya que tiene adquiridos 2 tipos de cabezales de rotación de entubación doble:

Boart Longyear Casing Ø 101.6 x Internal rod Ø 63.5 mm

Boart Longyear Casing Ø 133 x Internal rod Ø 88.9 mm



5- Por último se ha de tener en cuenta que todas las roscas (entubados, coronas…) roscan hacia la izquierda.

2.2 Pasos a seguir para la realización de anclajes de cable con doble entubado

1. Hay que perforar la pared de la pantalla, para poder pasar los tubos a través de esta. La pantalla se perfora con una corona de gran dureza a rotopercusión. Esta corona debe tener un diámetro mayor que la boca del entubado exterior. Algunas veces, para agilizar los trabajos se pasan previamente las pantallas o muros con una Hilti.

2. Una vez realizada la perforación de la pantalla, se coloca la tubería exterior con la corona de perforación, y una vez colocada dentro del agujero (solo entrará hasta la profundidad a la que hayamos perforado con el diámetro más grande para pasar la pantalla), se sujeta con la mordaza exterior.

Colocación del entubado exterior por el interior de la perforación

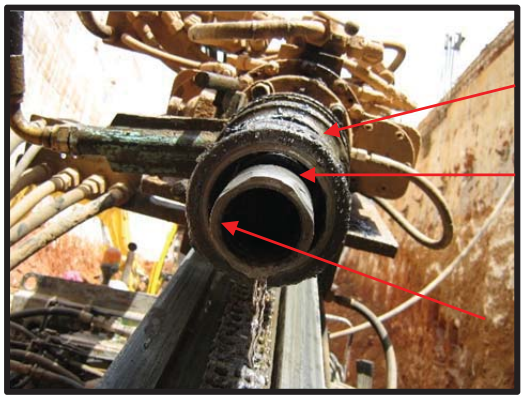
Sujeción del entubado con la mordaza exterior

3. A continuación, se coloca la tubería más fina con la boca de trialeta o tetraleta por dentro de la tubería mayor y se enrosca con la rosca interior del cabezal. Se empieza a perforar con esta tubería, a rotopercusión y con agua continuamente.

Colocación del entubado más fino por el interior del más grande

Enroscar la tubería pequeña a la parte interior del cabezal de rotación de la máquina.

4. Al ir perforando con la tubería de menor diámetro (colocada en el cabezal de rotación interior), la boca de esta tubería entra en contacto con la tubería exterior que hemos colocado antes. Llegados a este punto, se añade otro tramo de tubería exterior (en la rosca exterior del cabezal de rotación), de forma que quedan dos tuberías enroscadas al cabezal de rotación, una en la parte interior y la otra en la parte exterior. Una vez enroscadas las dos tuberías, se abre la mordaza que aguanta la tubería exterior, y a partir de este momento, se perfora con las dos tuberías a la vez.

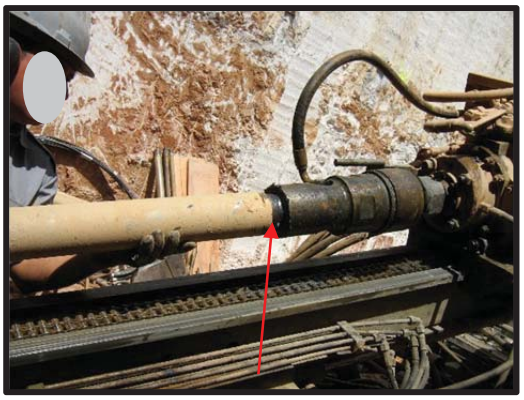


Cabezal de rotación donde se roscan las dos tuberías

La tubería exterior se enrosca a la rosca hembra exterior del cabezal

La tubería más delgada interior, se enrosca a la rosca hembra interior del cabezal de rotación.

El cabezal de rotación está llegando al tubo exterior

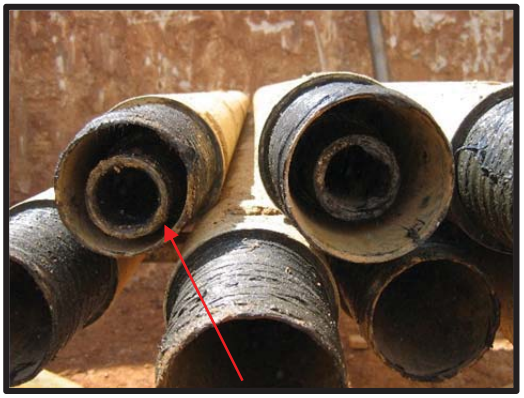


Se enrosca el tubo exterior al cabezal de rotación

Una vez enroscado el tubo exterior al cabezal sobre la mordaza que lo aguanta, se perfora con las dos tuberías a la vez, siempre con agua y ha rotopercusión para que se limpie bien el espacio anular entre los dos entubados, salga el agua por los orificios del cabezal, y no se enganchen los tubos con el detritus de perforación.

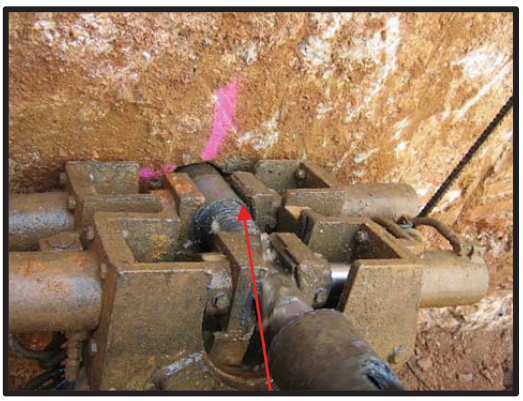
5. Mientras el maquinista va perforando con el doble entubado, los otros trabajadores van preparando los siguientes tubos que se deberán colocar para la realización del anclaje, poniendo los tubos del entubado pequeño dentro del entubado grande, de tal forma que a la hora de colocarlos ya se pongan los dos tubos a la vez (uno dentro del otro).

Se colocan los tubos de diámetro más pequeño dentro del entubado mayor…

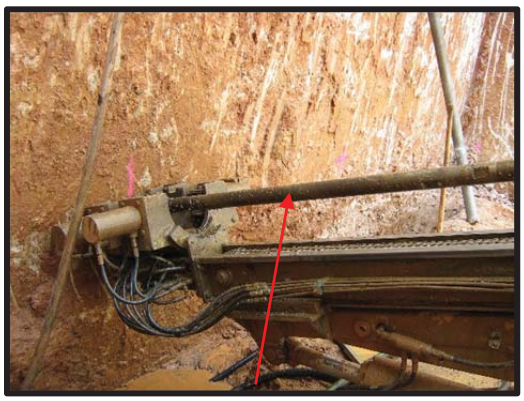


…de manera que ya están todos preparados para el momento de colocarlos a la perfección.

6. Cuando el maquinista ya ha perforado la longitud de los tubos colocados, se sujeta el tubo exterior con la mordaza, y se procede a realizar la limpieza entre el anular de los dos tubos (interior y exterior), de forma que se desenrosca del cabezal únicamente la tubería exterior, y saca hacia fuera la tubería interior, inyectando agua, rotando y golpeando en todo momento, y la vuelve a meter hacia dentro del entubado exterior, de manera que el material de barro y gravas que se acumula entre los dos tubos va saliendo hacia el exterior.



Se coge el entubado exterior con la mordaza exterior.

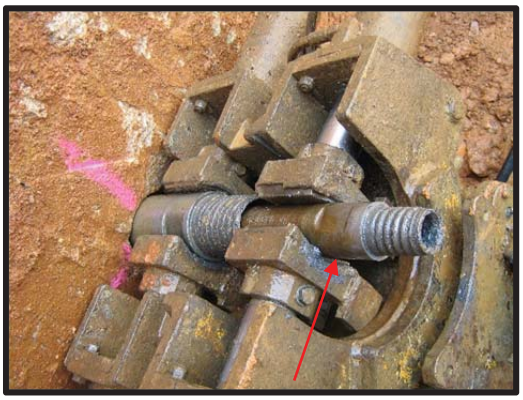


El entubado interior se saca hacia fuera sin dejar de inyectar agua, rodar y golpear con el martillo percutor.

Se vuelve a poner el entubado interior hacia dentro del exterior…

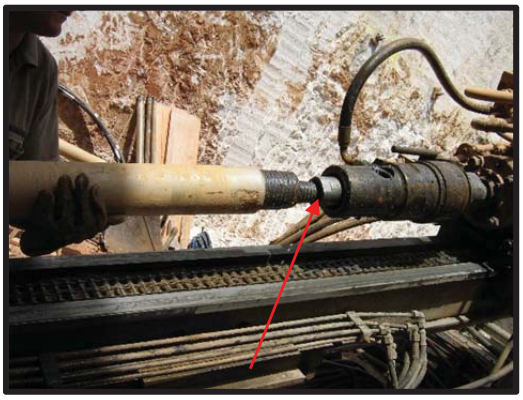
…de forma que el agua, juntamente con el fango y las gravillas van saliendo de entre los dos entubados

7. Cuando el agua sale más o menos limpia, se sujeta el tubo interior con la mordaza superior de la máquina y se desenrosca este entubado. Ahora ya podemos proceder a colocar un nuevo tramo de entubado. A partir de ahora ya se colocan los entubados exterior e interior ambos juntos. Se colocan en el sitio y el cabezal de rotación enrosca las dos tuberías, la una por dentro y la otra por fuera. Entonces se acercan las tuberías que tiene roscadas a las tuberías que ya están dentro del agujero, y las enrosca, primero la una y luego la otra, y se vuelve a perforar con los dos entubados a la vez, repitiendo cada vez el paso 6, cuando ya se ha perforado la longitud del tubo colocado.

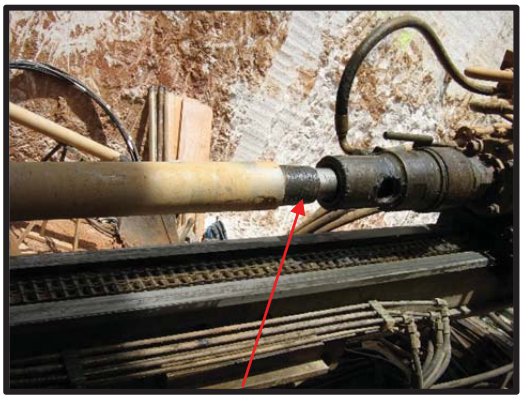


Se coge el tubo interior con la mordaza superior y se desenrosca el cabezal.

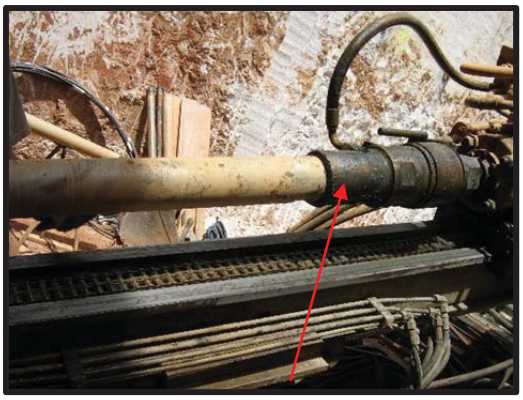
Se coloca un nuevo tramo de tubos, interior y exterior, uno dentro del otro.



Primero se enrosca el entubado interior al cabezal de rotación

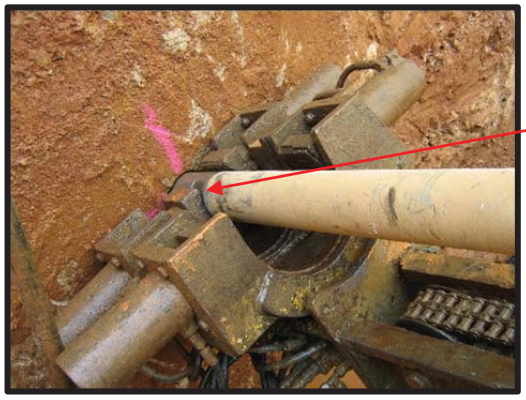


Y cuando ya está totalmente enroscado se le acerca el tubo exterior para enroscarlo también al cabezal



Se enrosca el tubo exterior al cabezal hasta que quede bien enroscado

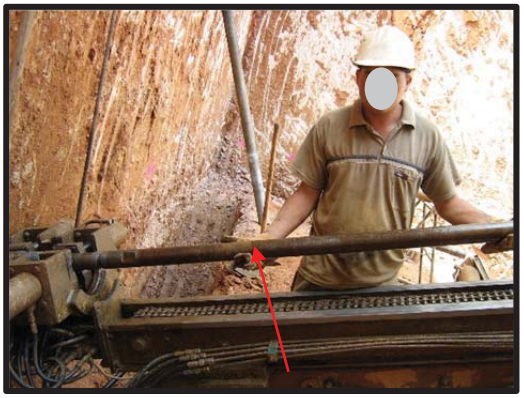
Después se enrosca el entubado interior en el otro entubado interior que estamos aguantando con las mordazas



Después se enrosca el entubado exterior con el entubado exterior que está sujetado por las mordazas, y se abren estas y se continua perforando con la doble entubación, tal y como hemos hecho antes

8. Una vez ya está perforado el terreno hasta la profundidad deseada y tenemos limpio el anular entre las dos tuberías, se ha de sacar la tubería interior, y dejar solo la tubería exterior para poder meter el anclaje de cable.
   Mientras se van sacando los tubos interiores de dentro de la perforación, se puede empezar a preparar la lechada de cemento para que esté a punto cuando se vaya a inyectar.

Se sujeta el entubado exterior con las mordazas inferiores…



…y se van sacando todos los tubos interiores con las mordazas superiores

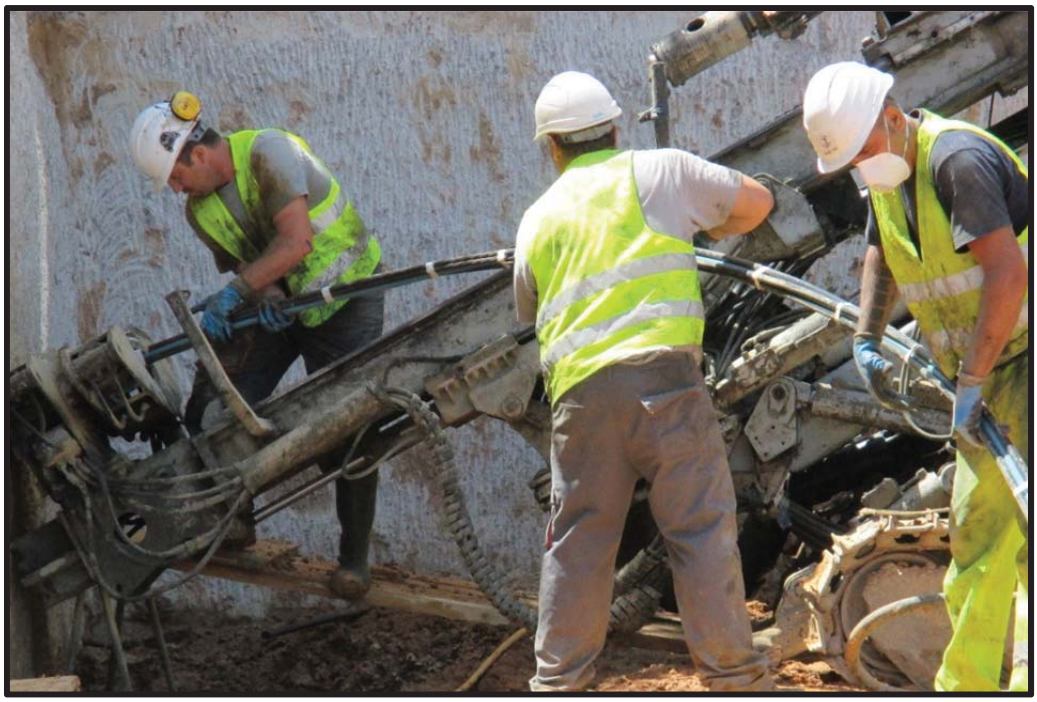
Preparación de la lechada

9. Mientras se sacan los tubos interiores, también se pueden ir desenrollando los cables de los anclajes. Los cables están enrollados en una circunferencia, y se han de extender para que queden más o menos rectos a la hora de colocarlos en el interior de la perforación.

Cables de anclaje enrollados.

Se van desenrollando hasta que quedan más o menos estirados

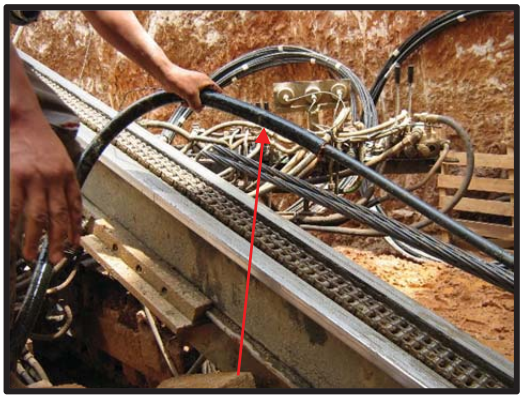
10. Cuando ya se extraído toda la tubería interior, se saca hacia fuera un tramo del tubo exterior, pero no se desenrosca. Entonces se va colocando el cable por el interior del tubo exterior y se deja que cuelgue por fuera del tubo un trozo de cable con el macarrón para poder inyectar la lechada de cemento. Se saca un tramo del tubo exterior hacia fuera para que cuando pongamos el cable, este no toque con el cabezal de rotación lo que conllevaría que no pudiéramos extraer el tubo exterior una vez puesto el cable.



Colocación del anclaje de cable

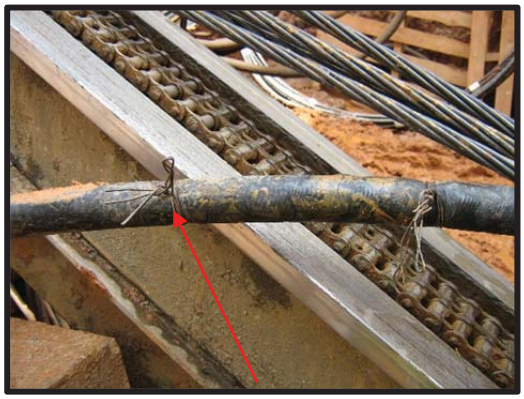
Con el cable estirado se introduce por el tubo exterior, y cuando ya está todo dentro, se deja un trozo fuera del tubo para poder inyectar la lechada de cemento.

11. Existen dos maneras para realizar la inyección de cemento. Una de ellas es colocar el macarrón de plástico que está atado juntamente al cable dentro de la manga de inyección, y fijarlo exteriormente atando dos alambres, de forma que la lechada no caiga por fuera. Acto seguido, se realiza la inyección de cemento por dentro del tubo de plástico hasta que sale la lechada entre los cables y el entubado exterior.

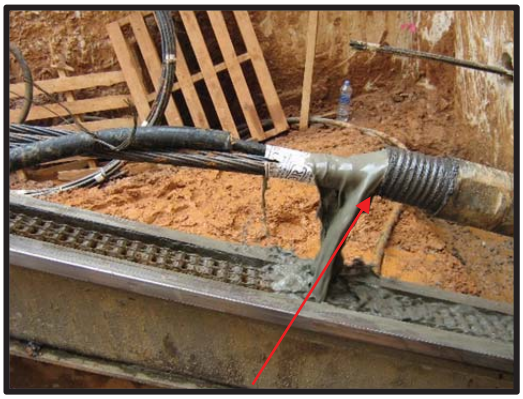


Para inyectar la lechada se pone el macarrón por dentro de la manguera de inyección…

…y se ata con dos alambres.

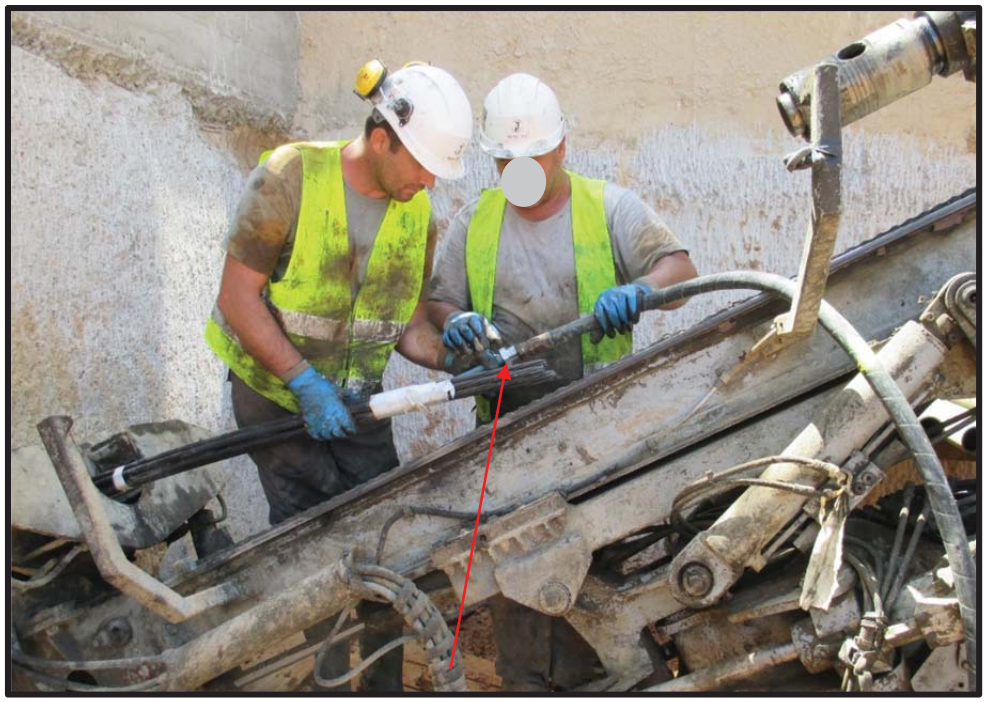


Detalle de los alambres para que no se escape la lechada de cemento por fuera



Finalmente se inyecta la lechada hasta que esta sale de dentro del entubado exterior.

Otra manera para realizar la inyección consiste en utilizar un machón de pulgada que rosque a la manguera de la máquina conectada al macarrón del anclaje.



Colocación del machón en el macarrón de plástico para realizar la inyección de lechada

Detalle de la conexión

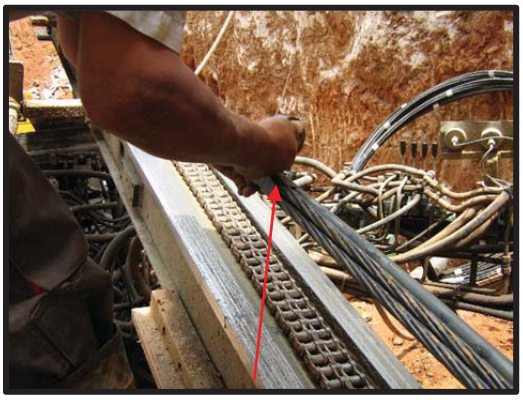
Una vez realizada la conexión se procede a inyectar la lechada.

Al principio de inyectar sale el agua con la que hemos perforado y que se ha quedado dentro del entubado exterior.

Según avanza la inyección, esta agua va adquiriendo una tonalidad más grisácea hasta que por fin sale la lechada.

Finalmente la lechada sale de dentro del entubado exterior y se considera el anclaje inyectado.

12. Una vez inyectado el anclaje, se saca la manga de inyección del macarrón, y con el cabezal de la máquina se empujan los cables hacia dentro del tubo exterior, de forma que queden a la profundidad deseada (por dentro del entubado exterior) sobresaliendo 1 metro de la pantalla para poder realizar el posterior tesado.



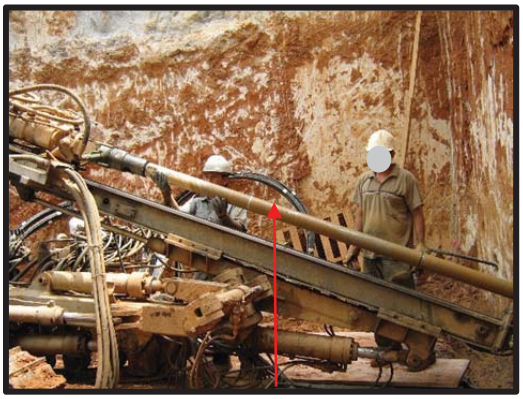
Se saca la manguera del macarrón

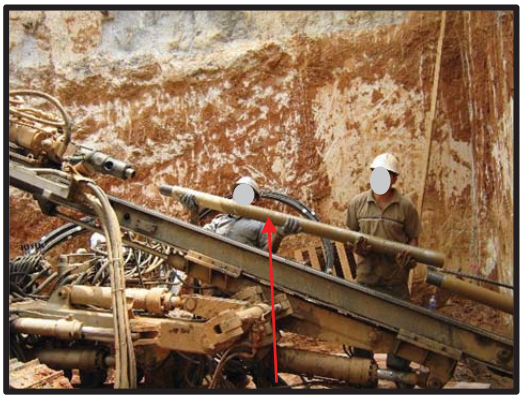
Se empujan los cables hacia dentro del tubo exterior para que queden a la profundidad que les toca.

13. Finalmente, en el caso de que hayamos puesto los cables dentro del tubo exterior, ya podemos roscar la tubería en el cabezal y empezar a sacar todos los tubos exteriores, de forma que queden los cables un metro hacia fuera de la pantalla para poder tensarlos más adelante.

Se acerca el cabezal al tubo exterior

Se le enrosca con los cables del anclaje dentro



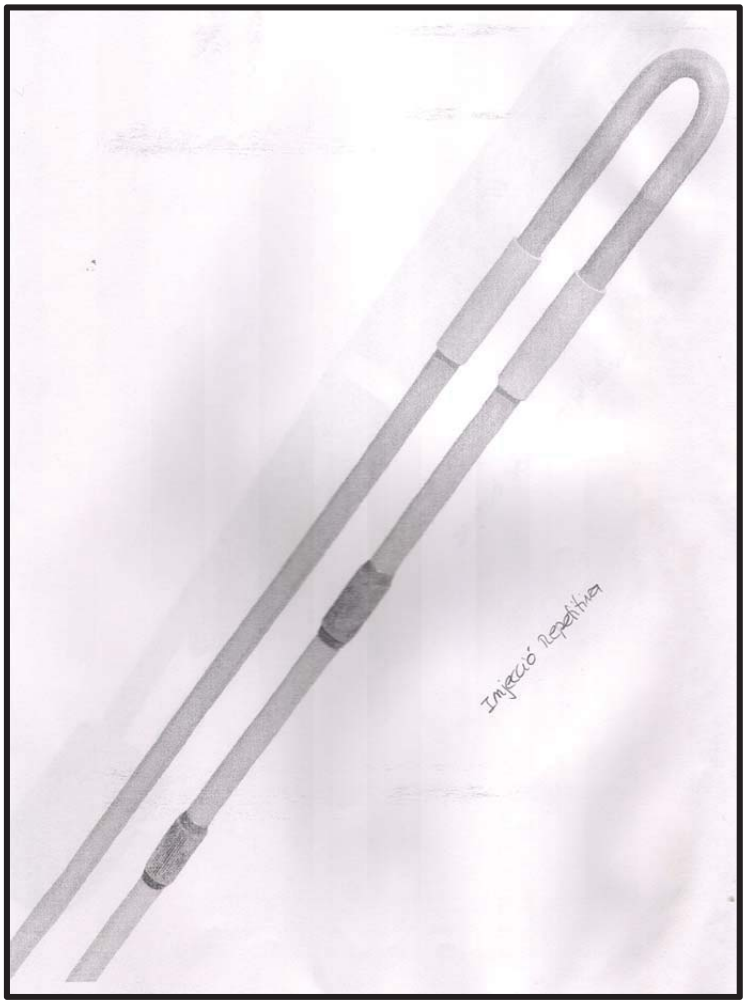


Y se van sacando los tubos exteriores vigilando que los cables del anclaje no suban.

Una vez el anclaje queda libre del entubado exterior, ya se puede retirar la máquina e ir a hacer otra.

14. En el caso de que la inyección sea IR, al día siguiente de haber realizado la inyección primaria, se hace una segunda inyección. Se tapa la salida de uno de los extremos del macarrón de reinyección y por la otra abertura se inyecta la lechada hasta llegar a unos 5 bares de presión, hecho que indica que el anclaje no admite más cemento. Una vez inyectada la lechada se destapa la salida y se inyecta agua limpia sin presión, con tal de limpiar el circuito. Esta inyección secundaria se puede repetir tantas veces como se quiera.

Para realizar la Reinyección se controla el sistema a partir de un manómetro calibrado.



El anclaje IR tiene una manga de inyección convencional, además de otro manguito con doble recorrido y válvulas con cada 0,5-1m.

3. FASE 2: TESADO DE LOS ANCLAJES

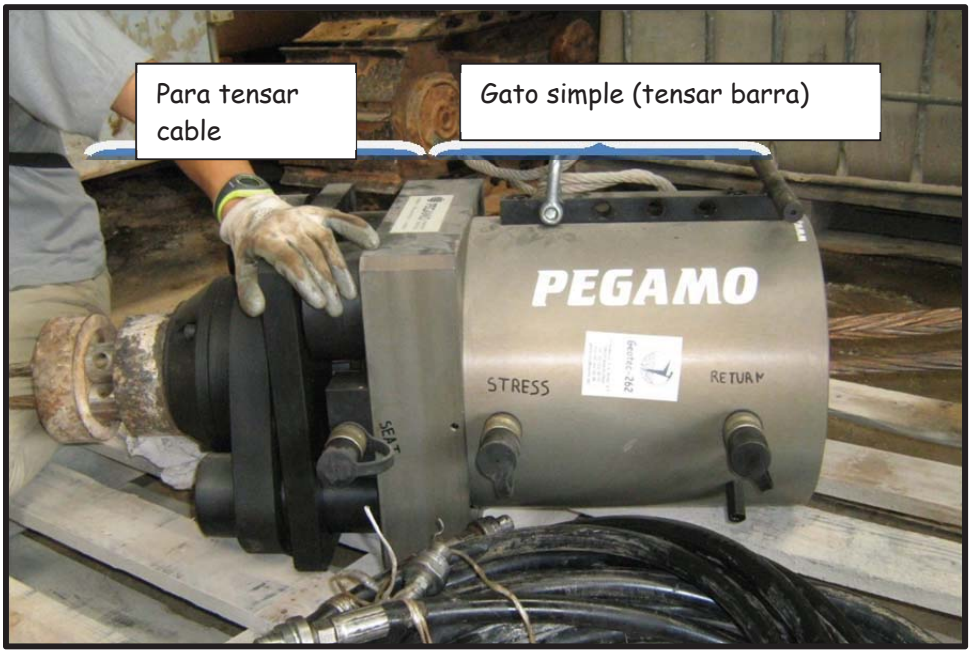
Una vez ejecutados los anclajes se debe esperar a que la lechada alcance una resistencia mínima de 250kg/cm2 antes de proceder al tesado. Generalmente entre 5 y 7 días.

A modo de ejemplo, para la explicación del tesado se utilizará una obra realizada por Geotec-262 S.L ubicada en el barrio de La Torre, en Valencia.

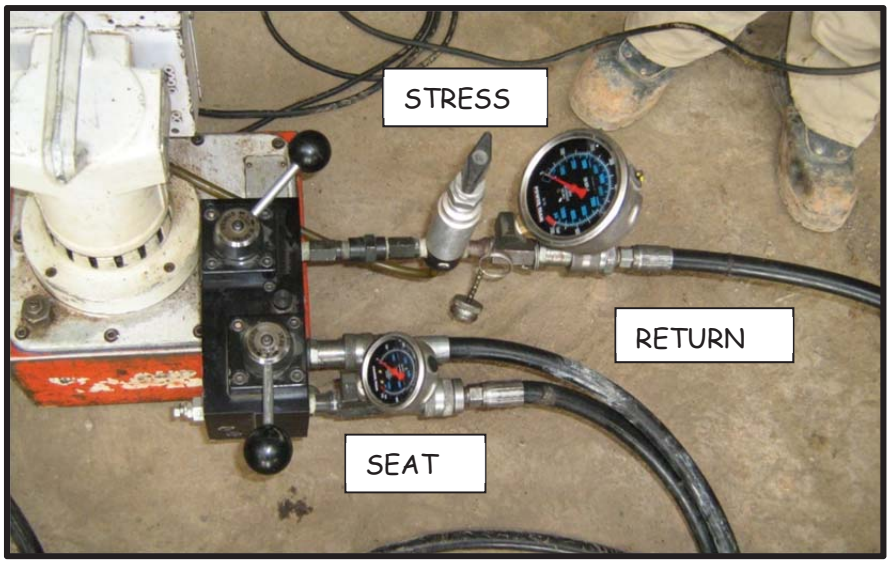
Los anclajes de esta obra se tensaron con un pistón multifilar, el cual presenta un área efectiva de 226.20 cm^2. La carga de tesado variaba entre 45, 60, 75, 95, 105 Tn, dependiendo del número de cables de cada anclaje. Cada cable de anclaje se suele tensar a unas 15 Tn, a no ser que Dirección de Obra estipule otra carga de tesado.

3.1 Herramientas y equipos

- **Gato con la pieza de tensar cable**



- **Mangueras (3):** Cada manguera se coloca donde toca, la primera manguera se pondría en la válvula de STRESS del Gato y en la Válvula de STRESS (de la centralita). La segunda se colocaría en la válvula RETURN, tanto del gato como de la centralita, y la tercera en la válvula "SEAT" (también tanto del Gato como de la Centralita. Siempre se han de limpiar las mangueras y comprobar que la bolita se aprieta hacia dentro, es decir que no queda presión en el circuito.



- **Pieza para apretar cuñas**: pieza redonda con muchos agujeros que sirve para apretar las cuñas. Ha de tener siempre la misma distribución o dibujo de agujeros que la placa de reparto ("donut") donde están les cuñas clavadas o del anclaje.

- **Placa de reparto**

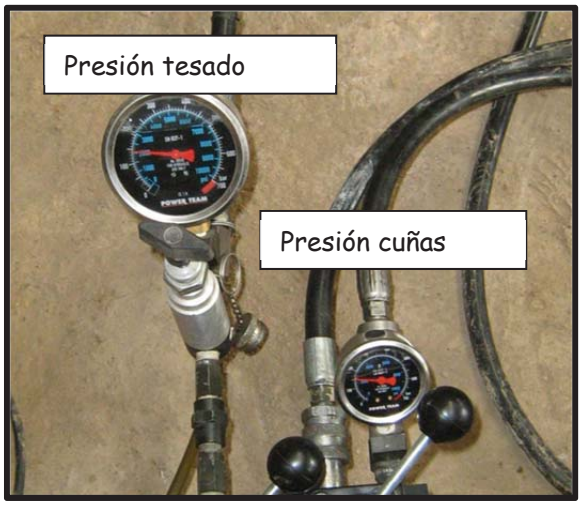
- **Cuñas**

- **Cinta aislante**

- **Manguito pequeño** o tubo metálico (para acabar de clavar cuñas)

3.2 Procedimiento de ejecución del tesado

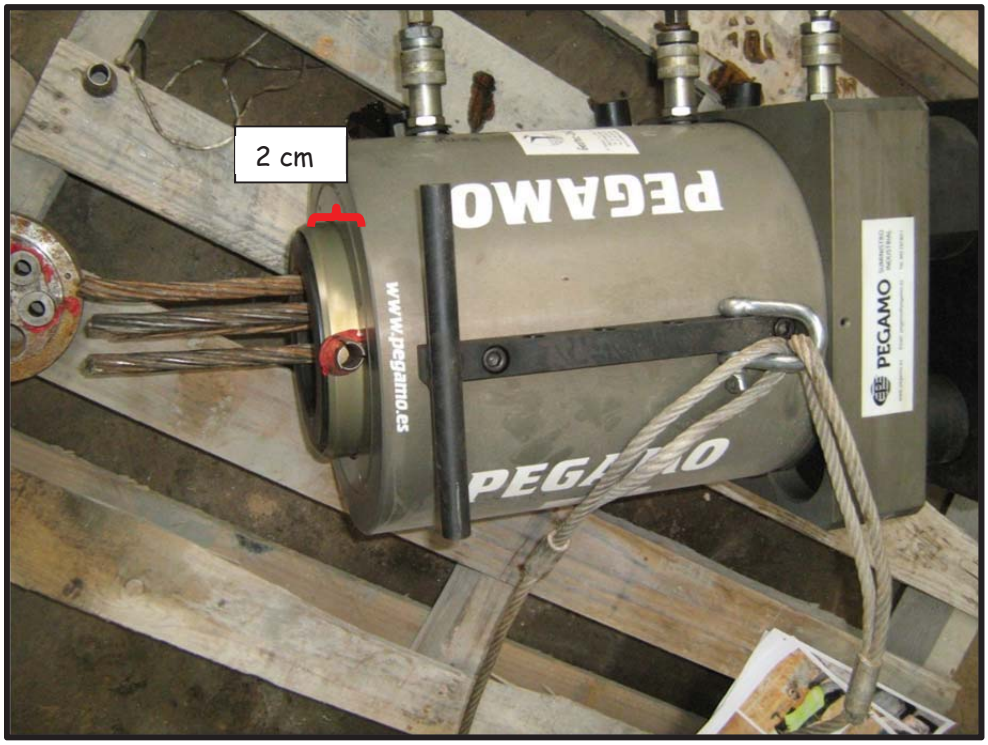
En esta centralita nos encontramos dos válvulas, la Válvula A, envía aceite al gato y la válvula B, nos devuelve el aceite a la centralita.
El manómetro situado en la VALVE A, nos indica la presión de tesado
El manómetro situado en la VALVE B nos indica cuando apretamos las cuñas. Tiene un sistema de seguridad para no sobrepasar la presión de trabajo de los 2 gatos de clavado (cilindros).



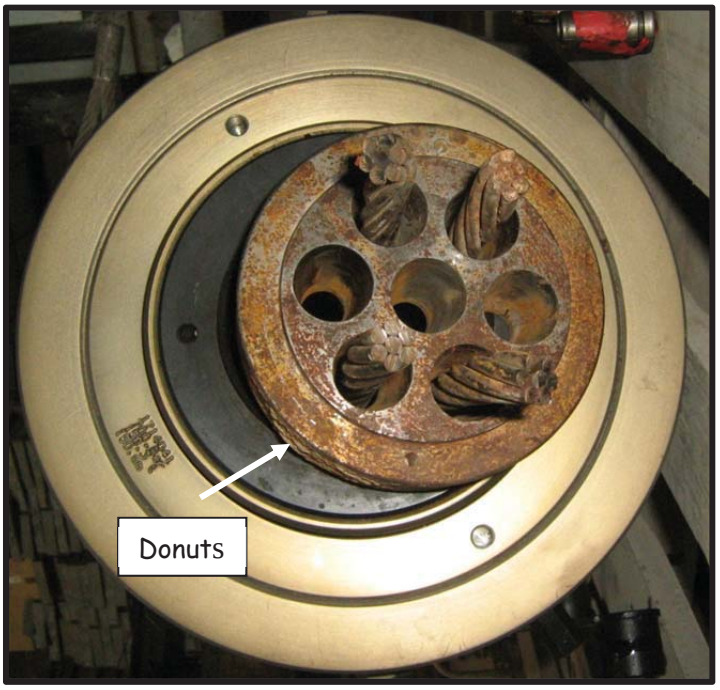
3.2.1 Colocación del gato antes del tesado

1 Colocar la pieza que clava les cuñas

2 Colocar el gato, con el pistón mirando hacia fuera, y estirar el pistón del gato unos dos centímetros.

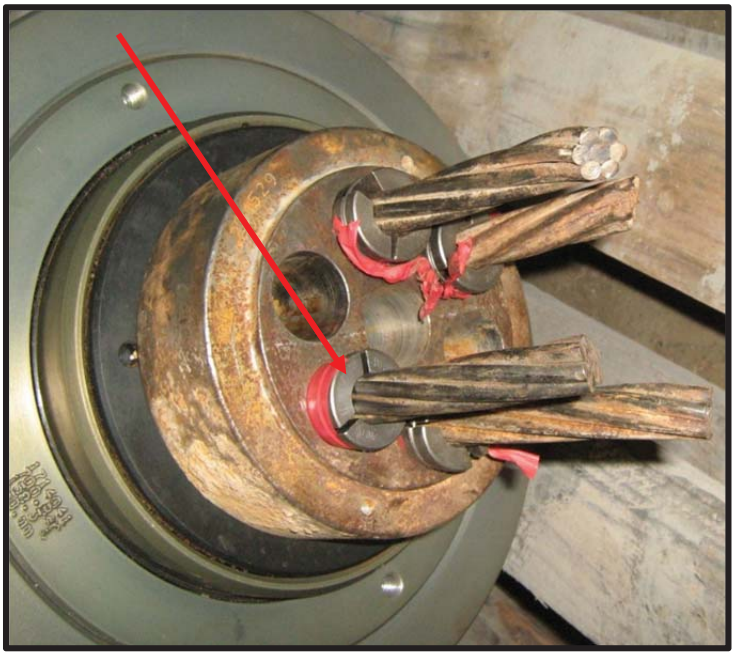


3 Meter el tope (placa de reparto) el cual equivaldría a la tuerca y la placa en el tensado en barra.



Si no se coloca el donut haciendo de tope el gato no tensa. Antes de poner el tope, se ha de tener el pistón unos dos centímetros estirados, ya que si no, las cuñas quedarían incrustadas (el propio cable metería las cuñas hacia adentro). Si no ponemos el tope, el gato no tensa.

4 Una vez puesto el donut se colocan las cuñas precintadas con cinta aislante (no se pone demasiada cinta) y abiertas un poco con una navaja.

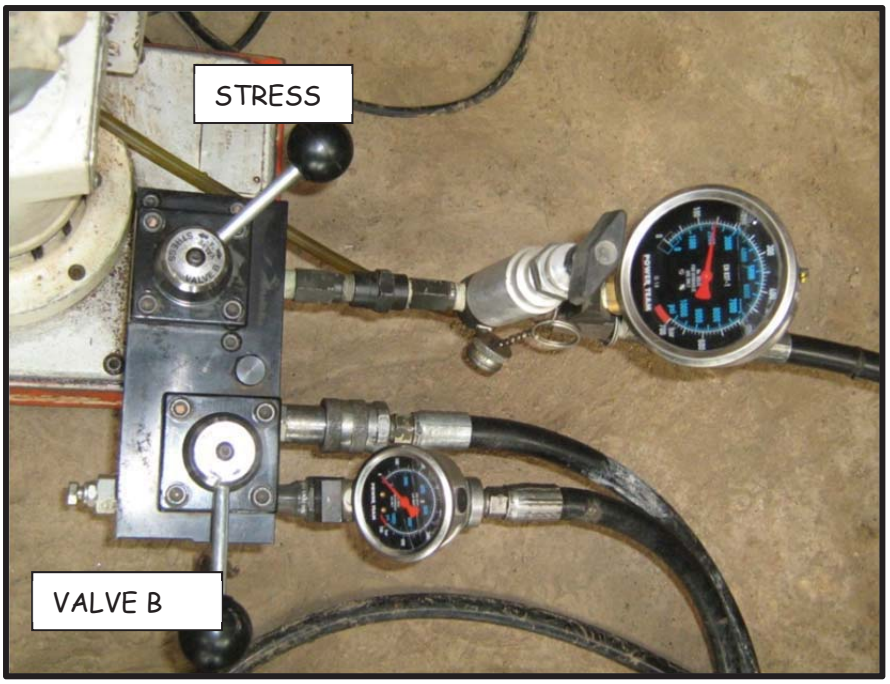


5 Clavar todas las cuñas más o menos igual, se pueden clavar dándole golpes con un tubo o manguito.

<u>Todo tiene que estar bien encajado.</u>

3.2.2 Tesado de los anclajes

Una vez todo montado se procede a tensar. Para identificar la palanca de Stress (tensar), la cual se utiliza para tensar, observamos el manómetro grande. Si procedemos a tensar, la palanca A tiene que estar en posición STRESS y la palanca B tiene que estar en posición "VALVE B". A continuación se procede a pulsar el botón de la centralita hasta que conseguimos la presión deseada.

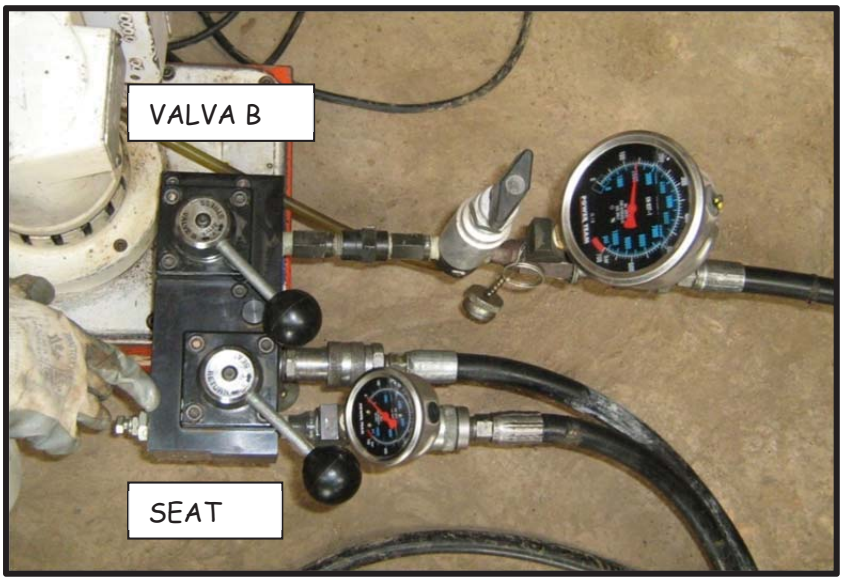


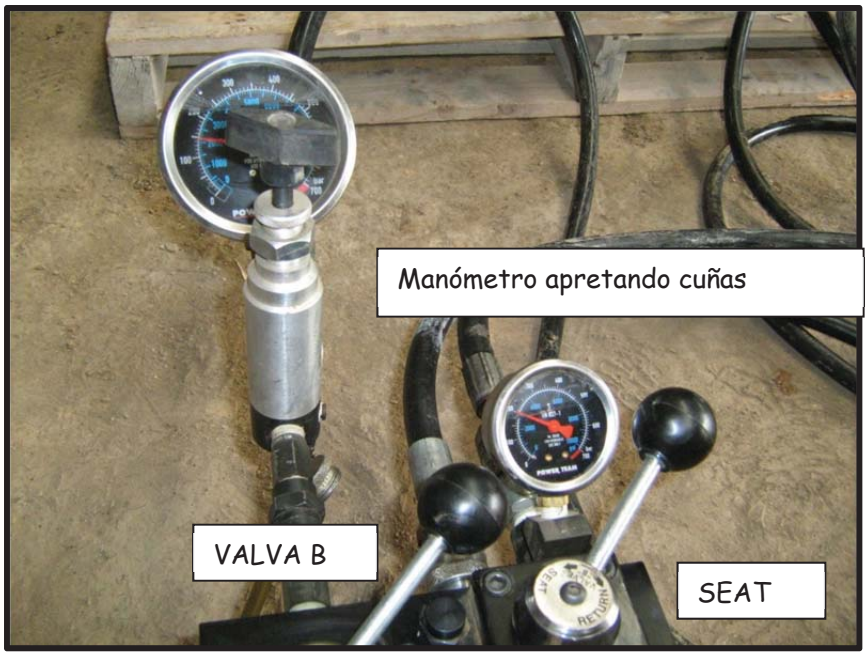
Todo tiene que estar bien encajado.

<u>NUNCA nos podemos colocar delante o detrás del gato, ya que las cuñas pueden saltar y hacernos daño.</u>

- **Clavar Cuñas (una vez se ha llegado a la presión de tensado y antes de recoger el pistón).**

La palanca A tiene que estar en posición VALVA B, y la palanca B en posición SEAT. Apretar las cuñas equivaldría a apretar la tuerca en el tensado de barra. Las cuñas se aprietan al máximo, hasta que el manómetro de clavar marque unos 200 bares.

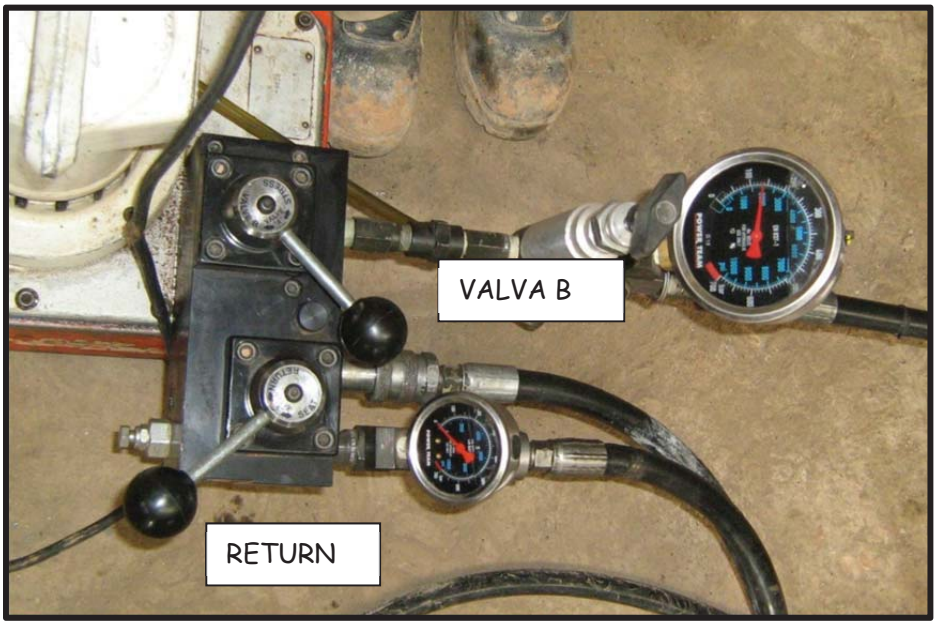




Una vez se han clavado las cuñas para que el anclaje no pierda carga, se procede al destensado.

- **Destensado**

La palanca A tiene que estar en posición VALVA B, y la palanca B en posición RETURN. Pulsar el botón hasta que el pistón quede todo recogido.



El clavado de cuñas y el posterior destensado se puede realizar porque tenemos 2 cilindros que mueven la "nariz" del gato hacia delante. Siempre se ha de comprobar que la tuerca del cilindro está apretada, (se aprieta hacia la derecha).

Una vez destensado y recogido el pistón, ya se puede retirar el gato y cambiar de anclaje.

3.2.3 Cálculo de la carga de tesado

En resumen, una vez preparado todo el equipo de tesado, se procede al tensado del anclaje mediante el gato hidráulico activado por la centralita, a la cual se le conectan tres mangueras cuya función es enviar el aceite hidráulico al gato, de esta manera, el pistón del gato se alarga hasta alcanzar la presión necesaria, la cual se realiza de la siguiente manera.

Carga de tesado (Kg)/superficie pistón (cm^2)= presión (bares)

Anclaje a 45 T (45000kg), con un pistón multifilar de área efectiva de 226.20 cm^2.

Presión por anclaje = 45000/226.20 =198.94 bar ~200 bares

Anclaje a 60 T (60000kg), con un pistón multifilar de área efectiva de 226.20 cm^2.

Presión por anclaje = 60000/226.20 =265.25 bar ~270 bares

Anclaje a 75 T (75000kg), con un pistón multifilar de área efectiva de 226.20 cm^2.

Presión por anclaje = 75000/226.20 =331.56 bar ~332 bares

Anclaje a 95 T (95000kg), con un pistón multifilar de área efectiva de 226.20 cm^2.

Presión por anclaje = 95000/226.20 =419.98 bar ~420 bares

Anclaje a 105 T (105000kg), con un pistón multifilar de área efectiva de 226.20 cm^2.

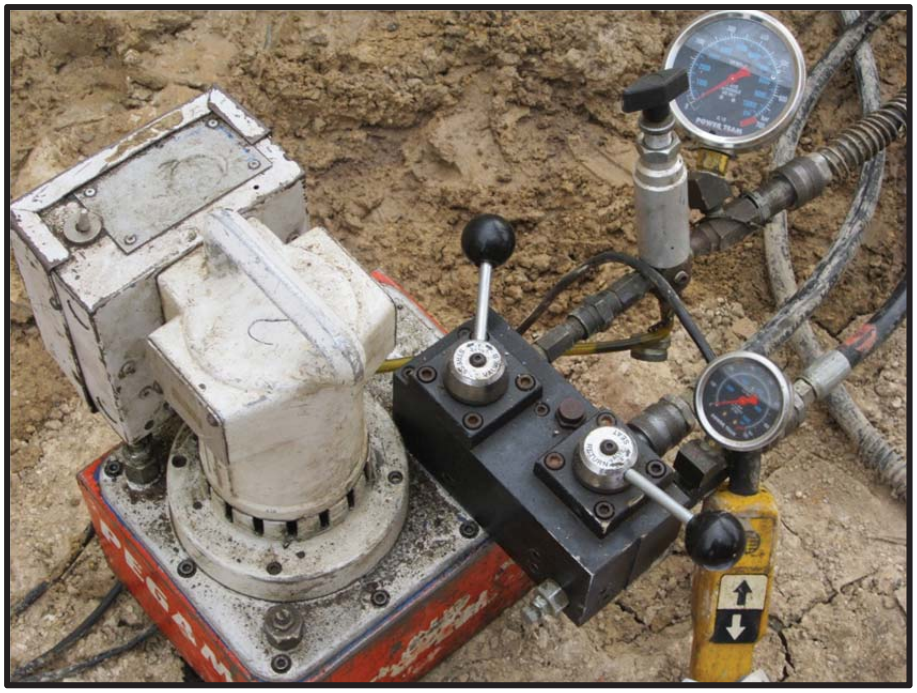
Presión por anclaje = 105000/226.20 =464.19 bar ~465 bares

Una vez el cable ha alcanzado la tensión, se cambia la posición de la palanca de la centralita, se clavan las cuñas y se recoge el pistón del gato.

Durante el procedimiento de tesado, se va realizando un control de alargamiento. Este punto se explica de manera más detallada en el siguiente apartado

En este caso particular, el material utilizado para tensar ha sido una centralita Power Team y un gato hidráulico Pegamo TMA 15015-P de 226.2cm^2 de área efectiva.

Gato Pegamo TMA 15015-P



Centralita Power Team

3.2.4 Control de Alargamiento

El control de alargamiento se realiza tomando medidas del alargamiento del pistón vinculado a diversos escalones de carga, para después comprobar a partir de las gráficas si el anclaje se ha comportado de manera correcta o si se detecta alguna anomalía que pueda invalidar el anclaje.

Los anclajes tensados tomados a modo de ejemplo, presentan longitudes variables dependiendo del número de cables y de si se situaban en la primera fila o en la segunda.

A continuación se presenta un cuadro resumen con las características de los anclajes.

Nº Cables	Fila	Longitud total	Longitud libre	Bulbo	Sobrelongitud	Carga tesado (Tn)	Unidades
3	1	17	9	7	1	45	4
4	1	19	9	9	1	60	23
5	1	22	9	12	1	75	4
5	2	20	7	12	1	75	4
6	2	23	7	15	1	95	23
7	2	24	7	16	1	105	4

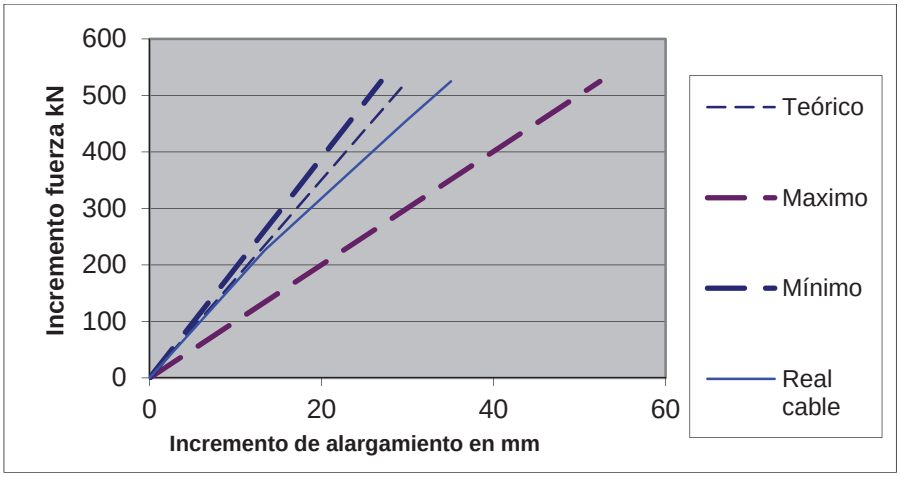
Para controlar el alargamiento de estos anclajes se han realizado varios escalones de carga y se han tomado medidas del alargamiento del pistón. El primer escalón de carga, 100 bares, se realiza para asentar la placa en la pantalla, ya que en algunos casos a priori la superficie de la placa no está totalmente asentada en la pantalla, por lo que se aplica un poco de carga hasta que está este asentada, ya que si no la presión de la centralita (manómetro) no sube correctamente y se podrían apreciar alargamientos no verídicos del anclaje.

A continuación se muestra una tabla con los escalones realizados y su equivalencia en toneladas.

Escalones	
Bares	**Toneladas**
100	22,62
200	45,24
300	67,86
332	75,10
400	90,48
420	95,00
465	105,18

Con las medidas tomadas, se realiza una tabla a partir de la cual se dibujan las gráficas de tesado.

	Presión aceite (bar)	Posición émbolo (mm)	Valores Corregidos	Fuerza total tesado (Kn)	Alargam. total teórico (mm)
Lectura inicial	100,0	49,30	49,30	226,20	12,90
Escalón 1	200,0	62,69	62,69	452,40	25,79
Escalón 2	300,0	78,94	78,94	678,60	38,69
Escalón 3	332,0	84,34	84,34	750,98	42,81



En las gráficas se pueden observar 4 tipos de líneas:

- Línea gruesa azul discontinua: esta línea nos indica el límite del alargamiento mínimo teórico del anclaje.
- Línea gruesa morada discontinua: esta línea nos indica el límite del alargamiento máximo teórico del anclaje.

- Línea fina discontinua azul: nos indica el alargamiento teórico del anclaje.
- Línea continua azul: nos indica el alargamiento real del anclaje. Este puede que se asemeje al teórico pero siempre debería quedar entre las líneas de alargamiento mínimo y máximo.

Una vez tesados los anclajes ya se pueden proceder a la excavación de tierras de la obra, siempre con mucho cuidado de no golpear las cabezas de anclaje, ya que si se golpean se pueden destensar y dejar sin validez el anclaje.

Anclajes tesados estropeados por el personal de la obra en el momento de la excavación de tierras.

Fotografía mostrando los anclajes tesados.

GEOTEC-262 S.L. es una entidad de ensayos para el Control de Calidad de la Edificación en ensayos de Geotecnia por Declaración de Responsable con número L0600035 en la "Generalitat de Catalunya" según el Real Decreto 410/2010 del 31 de Marzo de 2010