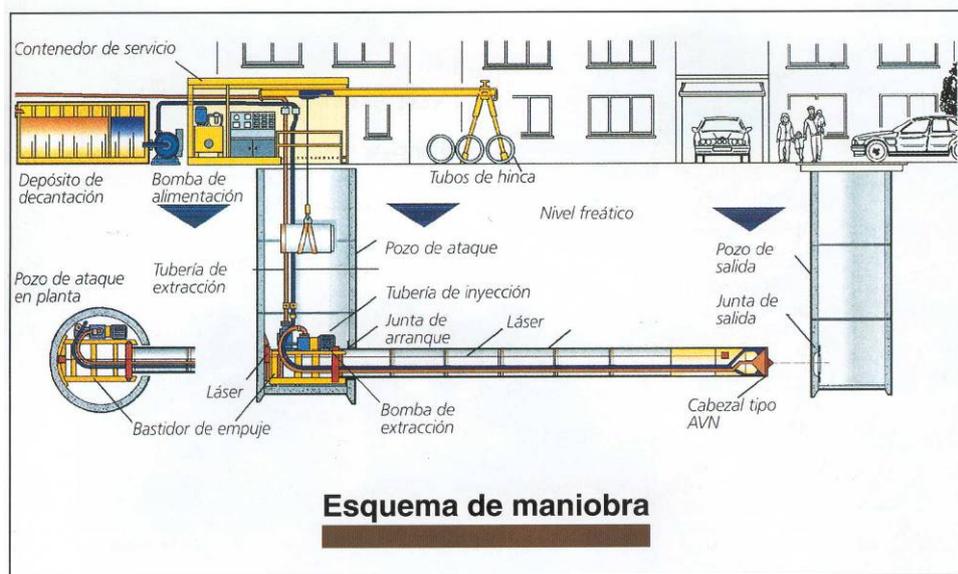


La creciente demanda de servicios en los núcleos urbanos ha permitido el desarrollo de nuevas técnicas de colocación de tuberías sin excavación de zanjas. Es evidente que la excavación de zanjas tiene grandes limitaciones cuando los desmontes a ejecutar no son justificables o la existencia de servicios afectados, edificaciones, carreteras, etc., hace inviable la ejecución a cielo abierto.

Además, la sociedad urbana cada vez es más sensible a las molestias que supone la apertura de zanjas en ciudades que generan colapsos circulatorios, ruido y suciedad.



Son estos factores sociales los que con el tiempo van calando en los responsables políticos de las obras, los cuales proponen, cada vez con más frecuencia, sistemas alternativos a la excavación de zanjas.

Dentro de los sistemas alternativos cabe destacar la utilización de la hincada de tubería.

Existen diferentes métodos de perforación en la técnica del hincado, desde la más rudimentaria excavación manual con escudo abierto a las más sofisticadas con escudo cerrado de microtuneladora.



La hincas consiste en la perforación de un túnel de pequeño diámetro con la ayuda de un escudo y la instalación simultánea del revestimiento del túnel con tubería. Los tubos, que se sitúan inmediatamente detrás del escudo, son empujados de gatos hidráulicos a través del terreno.



El objeto de este texto es describir de una forma práctica la ejecución de hincas mediante el método de perforación con microtuneladora y extracción hidráulica de los materiales de la excavación.

La concepción general de una obra de este tipo consta de los siguientes elementos básicos:

- Pozo de ataque.
- Pozo de salida.
- Conexión entre ambas mediante hincas de tubo.



La Hincada de tubo es una técnica que consiste en empujar los tubos horizontalmente en el terreno, siendo esto posible gracias a que de forma simultánea, dicho terreno es excavado por un escudo situado en el frente de excavación.

El avance se realiza mediante la superposición de un esfuerzo de cizalla, generado por la rotación de la cabeza del escudo, y un esfuerzo de compresión provocado por la transmisión de la presión de los gatos hidráulicos.

Existe una tipología muy variada de cabezas cortadoras, dependiendo del tipo de terreno que tengamos que atravesar.

Los **gatos hidráulicos** apoyados en el **muro de reacción** están situados en el **pozo de ataque** a través de los propios tubos ya hincados. Todas las órdenes de guiado y empuje se gestionan desde un **contenedor de mandos** situado en superficie.



Se utilizan cilindros hidráulicos muy potentes para empujar los tubos especialmente diseñados, a través del suelo, detrás de un escudo, al mismo tiempo que se lleva a cabo la excavación dentro del escudo. El método provee una tubería flexible, estructural y hermética mientras el túnel va siendo excavado.

Para la instalación de la tubería utilizando esta técnica, se construyen pozos de recepción y de empuje (pozo de ataque), usualmente en posiciones de registro o

inspección. Las dimensiones y la construcción de los pozos de ataque, varían de acuerdo a las características de la maquinaria a utilizar.

Ejemplo de las dimensiones mínimas del pozo de ataque serían:

Escudo con:

- Diámetro interior 700: 4 x 3 m.
- Diámetro interior 800: 5 x 3,5 m.
- Diámetro interior 1000: 5,5 x 3,5 m.
- Diámetro interior 1200: 6,0 x 4,0 m.
- Diámetro interior 1500: 6,5 x 4,5 m.



En el fondo del pozo de ataque y en el extremo opuesto a la boca del túnel se construye un muro de reacción, de resistencia mínima 600 Tm., contra el cual presionar.

Para asegurarse de que las fuerzas de empuje sean distribuidas alrededor de la circunferencia del tubo que está siendo empujado, el anillo de empuje cuenta con un cierto diseño dependiendo del número de cilindros que se están usando. Los cilindros están conectados hidráulicamente para asegurar que el empuje de cada uno sea igual. El

diámetro de cilindros utilizados varía dependiendo del tamaño del tubo, de la fuerza de los gatos de empuje, de la longitud a instalar y de la resistencia de rozamiento. La tubería y la microtuneladora es guiada por los cilindros a través del ***dado de ataque***.

Al trabajar normalmente por debajo del nivel freático y utilizar bentonita para la lubricación de las tuberías para reducir la fricción de las mismas. es necesario disponer de una **junta de estanqueidad** en el dado de ataque para garantizar el perfecto sellado entre el sobrecorte del muro y la tubería.



La evacuación del material excavado se realiza mediante **transporte hidráulico** , por lo que será necesario contar con un **sistema de bombeo y conducciones** , que inyecte agua o bentonita que actuará como vehículo de transporte del material excavado, y que guíe la papilla resultante hasta un **decantador** que nos permita reutilizar el agua o bentonita, e ir separando el material excavado, funcionando todo el sistema en circuito cerrado, reduciendo por tanto, las aportaciones de líquido.



Para la separación del material de excavación se puede utilizar un separador de hidrociclones y un agotador situado sobre el decantador.

Finalmente se requiere de un **pozo de**

recepción de suficiente tamaño para extraer el escudo al final de cada tramo.

El **sistema de guiado** se realiza mediante un rayo láser colocado en el pozo de ataque. La fuente emisora del láser tiene que disponer de un goniómetro y un inclinómetro para su autonivelación. Además, debe permitir, una vez nivelado, ajustar la inclinación del láser para que trace un haz de luz paralelo al eje de la tubería. Dicho haz alcanza al receptor del láser situado en la microtuneladora, marcando continuamente la posición de la misma.

En el **contenedor de mando**, la señal del láser se recibe en un monitor donde se compara constantemente con la posición teórica del eje de la tubería. El monitor de ordenador también recoge la posición virtual de la cabeza de corte, es decir, la dirección hacia donde se orientan los cilindros hidráulicos de la cabeza.

CONSIDERACIONES DURANTE LA EJECUCIÓN

Como consideraciones previas para el diseño y ejecución de las hincas, hay que



tener en cuenta la posible existencia de servicios afectados, zapatas, pilotes, muros pantallas y similares que podrían conllevar retrasos y reclamaciones significativas, incluso la inviabilidad de la propia hinca según el trazado proyectado.

Si bien la hinca se diseña para trabajar por debajo de los servicios de alumbrado, agua, gas y alcantarillado la ubicación de los mismos es importante para la ejecución de los pozos de ataque y recepción de la hinca. También el paso de zonas con materiales contaminados o aguas residuales debe ser identificado para evitar problemas medioambientales de vertido al exterior.

Por consiguiente, es necesario realizar un estudio geológico y geotécnico del terreno, siendo normalmente los sondeos la mejor fuente de información. Es frecuente incurrir en el error de no ejecutar sondeos o reducir al máximo la campaña de los mismos por su elevado costo, en esos casos, la información geológica obtenida en estas zonas, es a veces singular, pudiendo existir rellenos de escombros, gravas, materiales férricos o cualquier otro tipo de obstáculo que podría afectar a la hinca.

Una vez definido el diseño del trazado de la hinca, hay que considerar las posibles limitaciones técnicas.

ESTACIONES INTERMEDIAS

En Hincas largas o terrenos duros, es necesario distribuir las fuerzas de empuje



a fin de no deteriorar los tubos. Para este fin se utilizan las estaciones intermedias, que mediante la expansión de los gatos hidráulicos que las componen realizan el empuje de la cabeza y de los tubos anteriores

y mediante su recogida propician el empuje del resto de los tubos desde el pozo de ataque.

En diseños con trazado curvo, el radio máximo de curvatura debe de ser tal que permita a la tubería aguantar los esfuerzos máximos generados por cargas excéntricas. Incluso en trazados rectilíneos, debido a la propia tolerancia de las

uniones de tuberías a través de sus juntas aparecen esfuerzos y excentricidades en dichas zonas. El empuje de la cabeza sobre el terreno tiene que ser mayor o igual que la presión activa del terreno para evitar hundimientos del mismo.

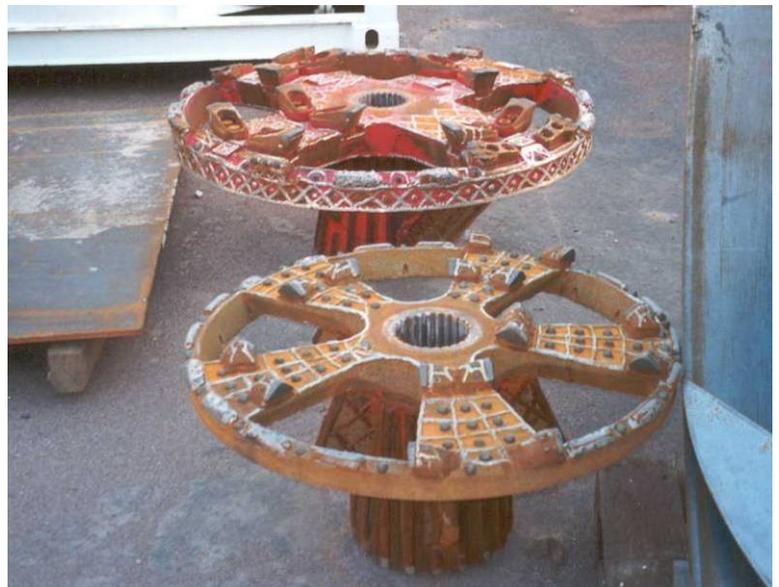
En terrenos difíciles con elevada permeabilidad donde se producen fugas del agua inyectada en el frente y/o el frente es muy inestable se puede trabajar en circuito cerrado con inyección de bentonita y/o polímeros aprovechando sus propiedades tixotrópicas. En estas condiciones se necesita disponer de un separador adecuado formado por agotadores e hidrociclones para caudales mínimos de 100 m³/h y los motores de las bombas tener la potencia adecuada para mantener dicho caudal.

La hincada de tubería es idónea para prácticamente todo tipo de terreno, pero la experiencia indica que hay algunas "bestias negras" para las microtuneladoras, como podrían ser:

1) Selección de Cabeza de corte:

Es la decisión más importante de una hincada, la elección errónea puede suponer la no finalización de la obra.

Existen varios tipos de cabeza de corte, pero que se pueden agrupar en los cuatro tipos descritos anteriormente (roca, gravas, arenas y limos).



Como ejemplo, supongamos que una hincada que se supone transcurre durante toda la traza en roca, y se elige una cabeza con discos giratorios de corte.



Una vez iniciada la perforación se atraviesa una zona de gravas que no estaba prevista y los discos, en vez de encontrar una pared compacta donde apoyarse y girar, encuentran unas gravas sueltas donde no se produce el giro, quedando estos en posición fija perpendicular al giro de la cabeza, por lo que se produce el choque con las gravas

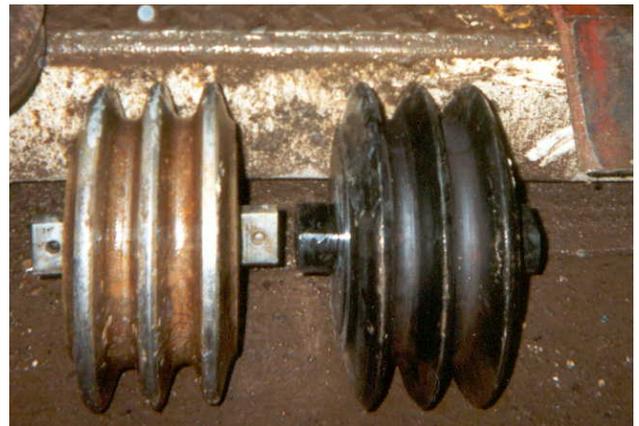
siempre sobre la misma sección del disco de corte, lo que produce su desgaste diferencial respecto al resto del disco.

A continuación, supongamos que vuelve a aparecer la roca. la cabeza de corte dispone ahora de discos mellados. por lo que no se son capaces de girar y por lo tanto es imposible el corte y ello conlleva la imposibilidad de avance.

Las soluciones a este problema pasan por:

.Cambio de los discos de corte: Solo factible si la cabeza presenta ventana tipo hombre al frente de excavación. Si la máquina está bajo nivel freático debe ser presurizada.

Evidentemente. se exige un diámetro mínimo de perforación (En la actualidad el menor diámetro con acceso al frente son 1200 mm).



.Extracción de la tubería ("Pull-back"): Si por dimensiones o características técnicas el escudo no permite el acceso al frente. es necesario sacar toda la columna de tubos y la máquina e iniciar de nuevo la excavación una vez cambiados los discos en el exterior.

Este sistema conlleva el riesgo de subsidencias en superficie al generar un hueco (aunque se rellena con bentonita a presión) con riesgo de hundimiento.

2) Presencia de material suelto:

La técnica de perforación mediante escudo cerrado y extracción de material de la excavación mediante una suspensión líquida obliga a inyectar agua, bentonita o bentonita más polímeros (en función de las necesidades de sostenimiento del frente) a fin de crear una presión controlada en el terreno, que mantenga los caudales de entrada y salida con el fin de controlar la extracción de material para que no se produzcan oquedades o presiones extraordinarias que pudieran dar lugar a variaciones del perfil del terreno en superficie.

Es necesario que los terrenos a atravesar presenten una cohesión suficiente para que la inyección realizada se concentre en la zona de influencia de la cabeza de corte y permita el equilibrio de presiones.

Es relativamente normal encontrar zonas de rellenos artificiales (sobre todo bajo carreteras) influenciados por un nivel freático variable que "lava", las gravas limpiándolas de elementos aglomerantes (arenas, limos, etc.)

En estas zonas puede darse el caso que la inyección que se realiza, incluso de bentonita más polímero se disuelva en el entorno de la cabeza, por lo que no se puede mantener el frente generándose un cono de deyección



que va hundiendo el terreno, según se avanza, generando subsidencias en superficie.

Si la hincadora transcurre bajo una carretera, ferrocarril o edificios. estas subsidencias son inadmisibles e incorregibles, por lo que el sistema de hincadora es inapropiado.

3) Roca:

La excavación en roca presenta varias dificultades:

a) **Roca caliza:** Generalmente es de baja abrasividad, el desgaste de los discos de corte es pequeño. con lo que se pueden efectuar hincadoras de longitudes grandes. Hay que tener un especial cuidado con la alineación de la tubería buscando compensar la falta de paralelismo de las caras de los tubos (con tolerancias de hasta 16 mm, según norma ASTM C-76) mediante el giro de unos respecto a otros.

La roca no permite que la tubería adopte formas diferentes al hueco de la excavación, pues de ser así se produce el roce de los tubos con la pared de roca y esto incrementa las necesidades de empuje desde el bastidor principal (por exceso de rozamiento) y además se genera una presión axial al tubo, haciéndolo trabajar a tracción, donde su resistencia es ostensiblemente menor, lo que puede provocar su fractura.



b) **Roca granítica:** A diferencia de la roca caliza, el granito ejerce un fuerte desgaste sobre los discos de corte (debido a la presencia de la sílice libre) lo que limita las distancias de hincadora, o exige el cambio de

discos de corte durante la perforación (cuando el diámetro y las características del escudo lo permiten).

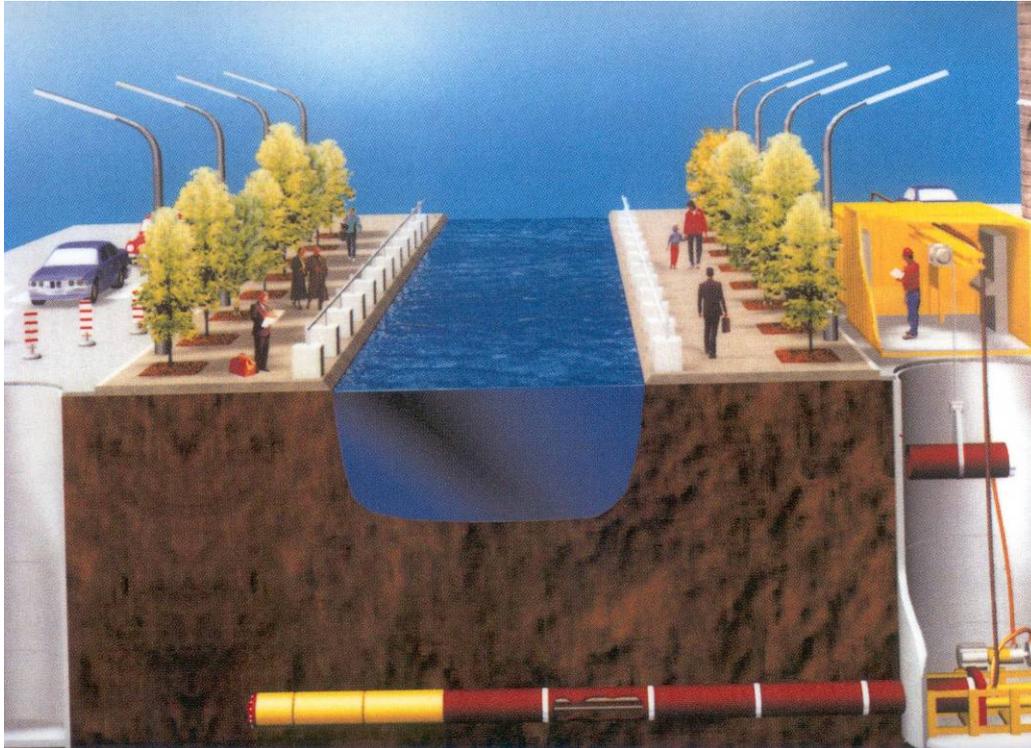
Existe un problema añadido cuando se trabaja con rocas graníticas, este lo constituye la presencia de finos en la excavación (generados por el propio sistema de rotura de la roca). Estos finos se acumulan en el fondo de la excavación, bajo el escudo y los tubos de forma que los acuñan contra el perímetro de la excavación, impidiendo el avance.

Las soluciones de que se disponen para solucionar este tipo de problemas son:

- Control del desgaste de los discos perimetrales, procediendo a su cambio para asegurar la sobreexcavación del perímetro del túnel.
- Reducción del diámetro exterior de la tubería de la hincadora a fin de asegurar un espacio anular libre lo mayor posible que asegure el no acuñamiento de la batería de tuberías.
- Colocación de inyectores de bentonita a presión en el fondo del escudo, apuntando al frente para provocar una corriente desde el escudo al frente, que contrarreste la tendencia de los finos a penetrar bajo la máquina.
- Utilización de una mezcla de bentonita y polímeros a fin de generar un elemento denso en el frente. que produzca una ralentización en la caída de los finos al fondo de la excavación. permitiendo su evacuación.
- Mantener una presión negativa en el frente de excavación (al ser roca no afecta al material absorbido por el escudo) que fuerce la circulación de los finos al interior del sistema de slurry.

VENTAJAS DE LA HINCA DE TUBERÍA

Su gran diferencia con el sistema convencional de apertura de zanjas radica en que se trata de un método menos destructivo, que presenta importantes ventajas técnicas constructivas y que supone una menor incidencia en el medio ambiente.



Algunos de los factores que justifican la elección del sistema de hincado son:

- Excavación mínima en superficie
- Alta resistencia del revestimiento.
- Rehabilitación mínima.
- Menor riesgo de subsidencias del terreno
- Minimiza la diversión de servicios en zonas urbanas.
- Acabado interno uniforme que proporciona buenas características de flujo.
- No se requiere de un recubrimiento secundario.
- Prevención de fugas de agua al utilizar tubería con conexiones flexibles selladas.

- Provisión de canales de recogida en tuberías más largas para contener el flujo seco de un alcantarillado en un sistema combinado.
- Una construcción virtualmente libre de mantenimiento.
- Una importante reducción en costos sociales, tales como reclamaciones o indemnizaciones.
- Reducción de alteraciones ambientales.