

IMPORTANCIA DE LOS DISEÑOS AL CONTRATAR LAS TECNOLOGIAS SIN ZANJA

Por: INGENIERO SANTIAGO VILLANUEVA VALENCIA

IMPORTANCIA DE LOS DISEÑOS AL CONTRATAR LAS TECNOLOGIAS

SIN ZANJA

Es fundamental que se tenga en cuenta que la ejecución de los trabajos de diseño para la instalación de tubería nueva o la rehabilitación de tubería existente mediante el método sin zanja , debe ser realizado por una firma especializada con experiencia en la ejecución de este tipo de proyectos de consultoría. Garantizar una correcta elaboración de los diseños de acuerdo a las necesidades del proyecto y a las condiciones específicas de la zona es la base fundamental para que al momento de ejecutar la obra no aparezcan situaciones imprevistas que pueden representar retrasos en el cronograma del proyecto y por consecuencia sobrecostos.

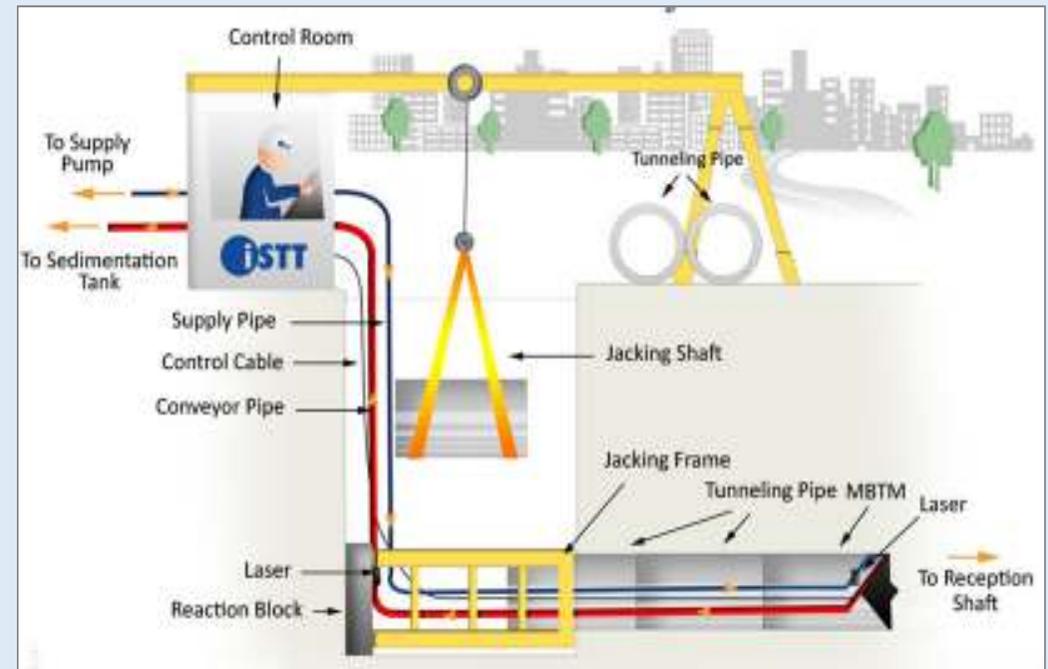
Es por lo anterior que para llevar a cabo el diseño para instalar tubería nueva o para rehabilitar redes existentes se debe realizar un análisis de los aspectos específicos de las diferentes alternativas de tecnología sin zanja que puedan ser aplicadas al proyecto en estudio.

1. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA INSTALACIONES NUEVAS

Entre las alternativas más comunes de instalación subterránea sin zanja para ductos nuevos se encuentran:

PIPE JACKING:

Una máquina tuneladora es puesta en el terreno mediante gatos hidráulicos montados y alineados en el eje de hincado. Los gatos hidráulicos son retraídos, las líneas de lodo y los cables de control son desconectados. La tubería se baja al eje y se introduce entre el marco del gato hidráulico y la máquina perforadora. Se hacen las conexiones de las líneas de lodo, de potencia y los cables de control, posteriormente la máquina perforadora y la tubería avanzan hacia otro punto. Este proceso es repetido hasta que la perforadora alcanza el eje de recepción. Al completar la unidad la máquina perforadora y el equipo son retirados de la tubería.



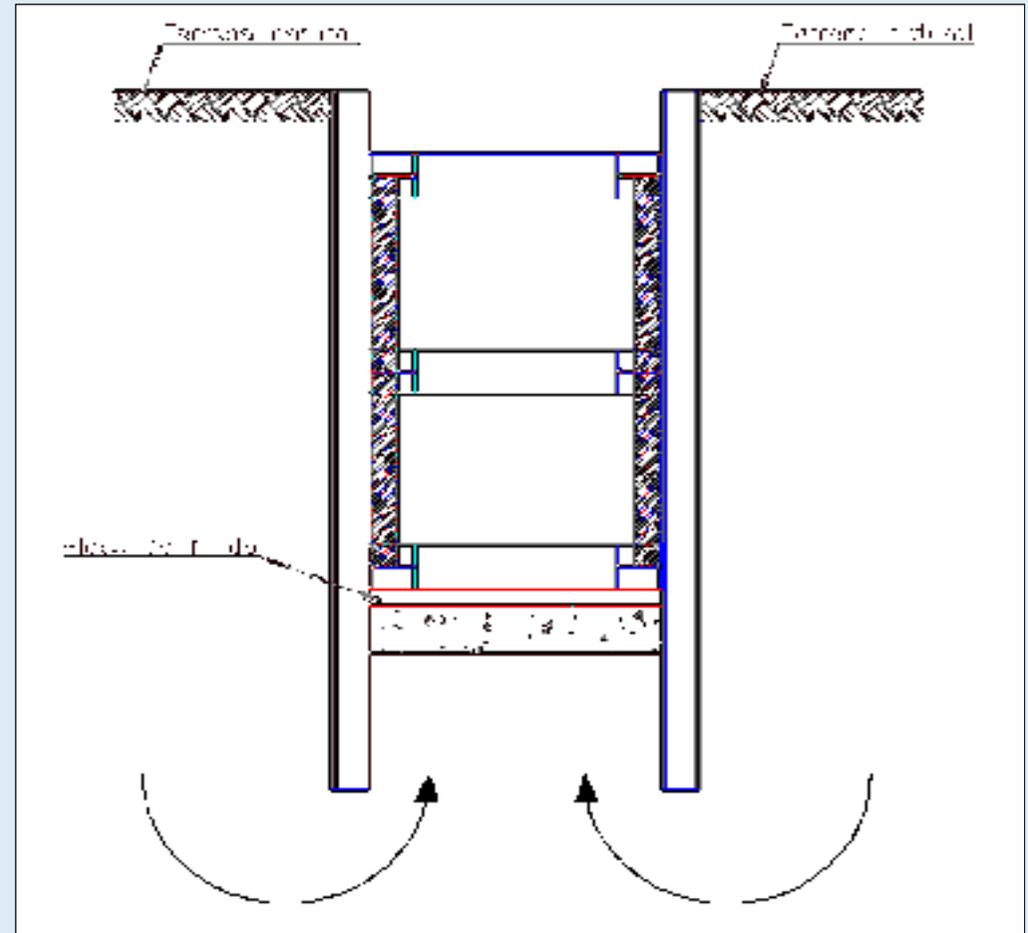
Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Pipe Jacking

- **Espacio disponible para equipos:** Se debe tener en cuenta que la tecnología Pipe Jacking necesita disponibilidad de espacio en la superficie pues en su conjunto de equipos incluye entre otros tanques de sedimentación, planta de succión y equipos de operación para manejar la tuneladora a control remoto. También hay que tener en cuenta que el espacio requerido para los pozos de entrada y salida de la maquina tuneladora es considerable pues los pozos pueden alcanzar dimensiones de hasta 9m x 4m en el caso del pozo de lanzamiento.
- **Diámetros y longitudes de aplicación:** El rango de diámetros para la aplicación de esta tecnología en Colombia es viable desde 400mm hasta 2750mm y las longitudes de hincado varían según los diámetros es decir para diámetros menores a 900mm la longitud máxima de lanzamiento es 100m, para diámetros de 1200mm a 1600mm la longitud máxima de lanzamiento es 300m y para diámetros de 2200mm ó más, la longitud máxima de lanzamiento es 500m, sin embargo estas longitudes pueden extenderse utilizando estaciones intermedias de hincado.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Pipe Jacking

- ***Diseño de Pozos de salida y lanzamiento:***

El diseño de los pozos de trabajo es fundamental para la correcta y optima ejecución de la obra, esta actividad comprende el diseño de la excavación para dichos pozos y su cimentación; dimensionamiento de zanjas, diseño de entibados, diseño de anclajes, muros de reacción, losas de fondo. El diseño de los pozos de trabajo debe estar basado en la información geotécnica y debe garantizar que en el transcurso del hincado de la tubería los pozos no presenten falla de fondo.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Pipe Jacking

- ***Diseño de tubería para hincado:*** Las cargas de diseño de los tubos deberán incluir como mínimo las cargas hidrostáticas y de tierra; las cargas de construcción incluyendo fuerzas de gateado sobre los tubos, fuerzas de fricción a lo largo de la tubería y fuerzas resultantes de las cargas excéntricas de un tubo desviado o construido en curva; así como cargas de manejo y almacenamiento.

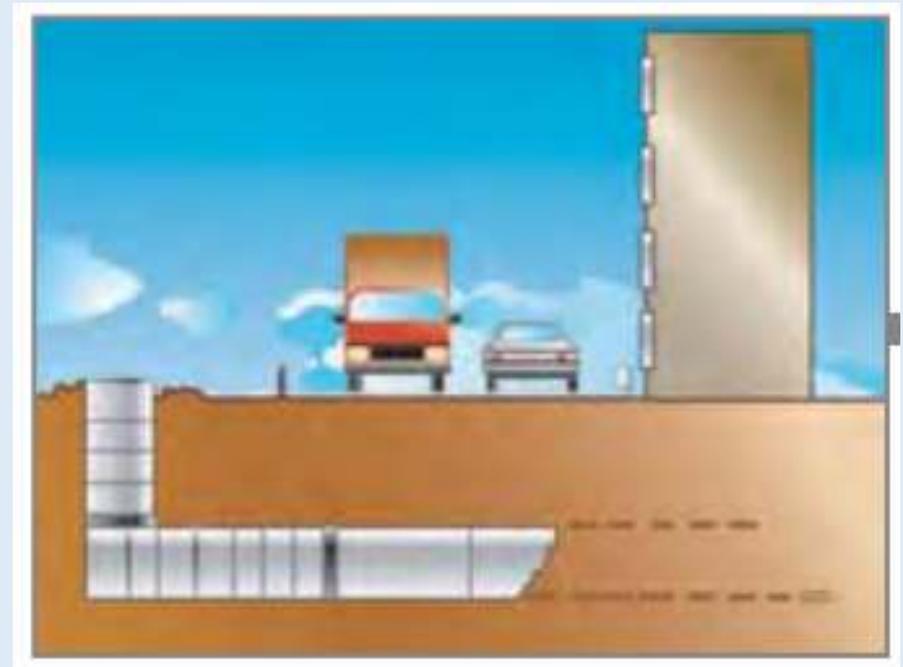
Normas de referencia

- STANDARD DWA-A 125E, Pipe Jacking and Related Techniques, Rohrvortrieb and verwandte Verfahren December 2008.
- BRITISH STANDARD – BS 5911 Part 120: 1989. Precast concrete pipe, fittings and ancillary products. Part 120. Specification for reinforced jacking pipes with flexible joints. Issue 2, March 1996.
- American Society of Civil Engineers. Standard construction guidelines for microtunneling. CI/ASCE 36-01.

1. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA INSTALACIONES NUEVAS

TUNNEL LINER:

El sistema Tunnel Liner para la construcción de túneles consiste en la excavación y ensamblaje interior progresivo y simultáneo de placas de acero corrugado, las cuales pueden ser negras, galvanizadas o con recubrimiento epóxico, con o sin revestimiento interior en concreto o simplemente utilizados como formaleta, para después insertar otra tubería interior, dependiendo de las características de cada obra.



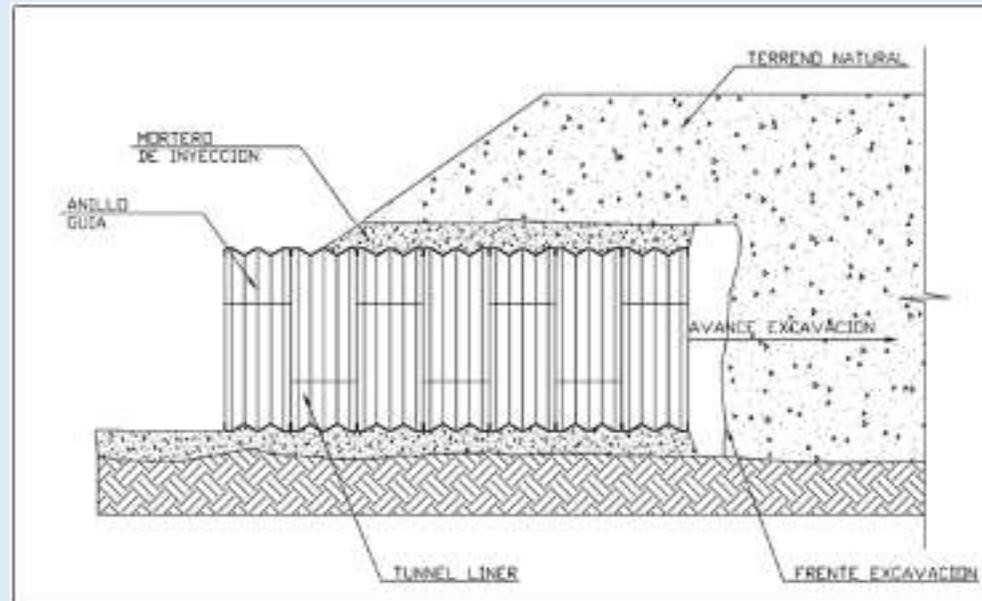
Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Tunnel Liner

- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** El rango de diámetros oscila desde 1200mm hasta (sin límite práctico de diámetro) y las longitudes varían hasta 500m.
- ***Diseño de tubería para Tunnel liner:*** El diseño estructural está basado en las normas AASHTO, de donde se obtienen las bases para diseñar y fabricar las planchas que conforman el Tunnel Liner. Dichas normas exigen que se adopten diseños que cumplan con requisitos mínimos estructurales de área e inercia por unidad de longitud. Durante el diseño se verifican aspectos importantes como la resistencia a la compresión, la cual se determina en función de las características mecánicas del material, así como las geométricas, que gobiernan el pandeo de las placas. La resistencia de la conexión empernada depende solamente del espesor de las planchas a utilizar y la rigidez a la manipulación se verifica revisando que la rigidez de la estructura sea apropiada para asegurar una buena manipulación durante el montaje.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Tunnel Liner

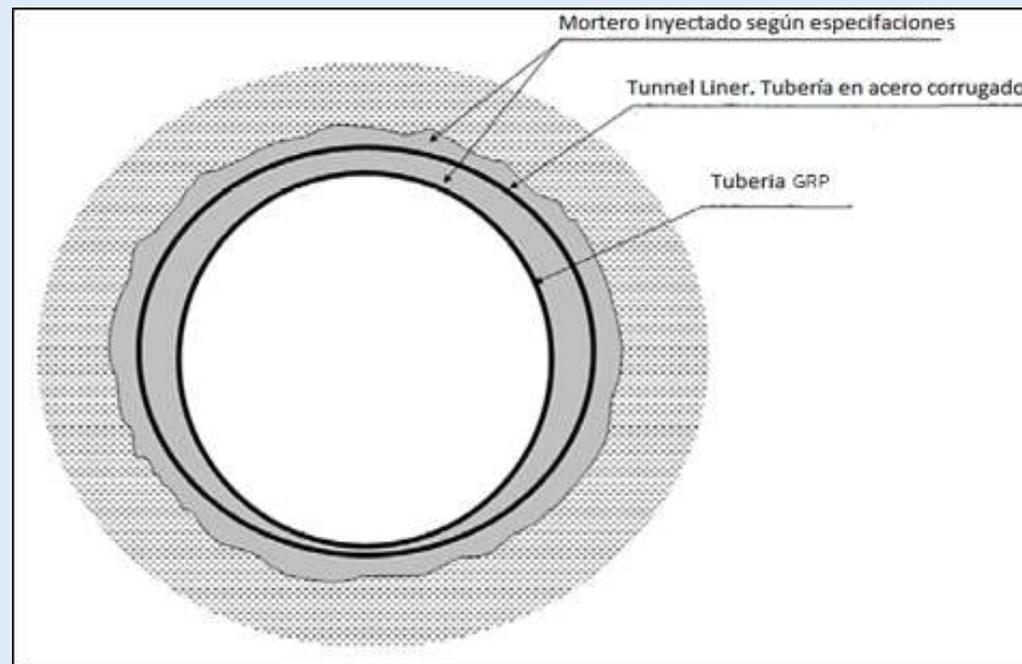
- **Diseño de Pozos de salida y lanzamiento:** Esta actividad comprende el diseño de la excavación para dichos pozos y su cimentación; dimensionamiento de zanjas, diseño de entibados, diseño de anclajes, muros de reacción, losas de fondo. El diseño de los pozos de trabajo debe estar basado en la información geotécnica y debe garantizar que en el transcurso del hincado de la tubería los pozos no presenten falla de fondo.

En suelos saturados y granulares no hay presión en el frente de excavación y por lo cual no es posible ejecutar esta tecnología.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Tunnel Liner

- **Inyección del grouting cada 2-3 anillos:** Los vacíos que resultan, entre la superficie externa de las chapas de revestimiento de Tunnel Liner y el terreno, deben ser rellenados para evitar descensos o movimientos del suelo, que pueden provocar deformaciones indeseables. Este relleno debe ser hecho por medio de la inyección de mortero fluido, a través de perforaciones presentes en algunas chapas de Tunnel Liner.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Tunnel Liner

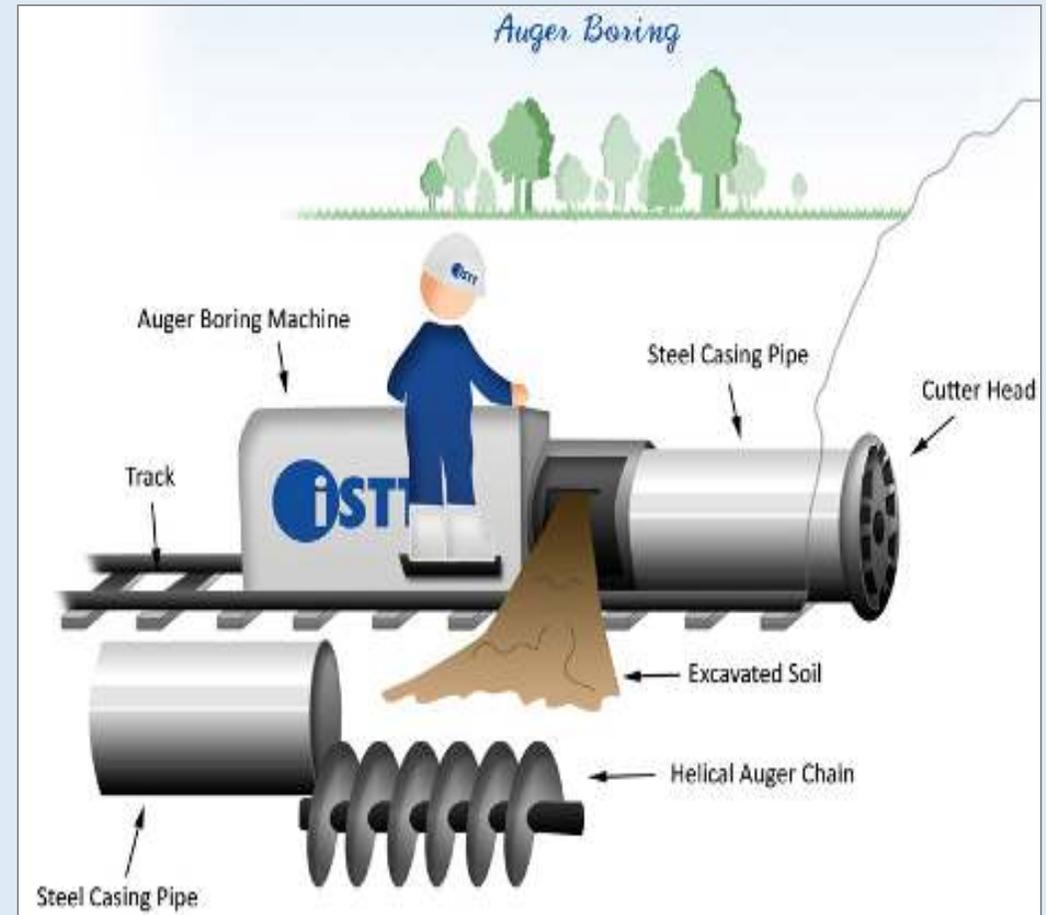
Normas de referencia

- * AASTHO LRF Bridge Design Specifications, American Association of State Highway and Transportation Officials. Customary U.S. Units. Second Edition. 1998
- * ASTM INTERNATIONAL STANDARDS WORLDWIDE. Designation: A 569/A 569M.
- * ASTM INTERNATIONAL STANDARDS WORLDWIDE. Designation: A 849-94. Standard specification for post-Applied Coating, Paving and Lining for corrugated steel sewer and drainage pipe.
- * ASTM INTERNATIONAL STANDARDS WORLDWIDE. Designation: A 979/A 979M - 97. Standard specification for concrete pavements and Lining Installed in corrugated Steel Structures in the field.
- * COMMON DESIGN GUIDELINES. Section 26, Tunnel Design. Criteria.
- * ESTÁNDAR SPECIFICATION, Section 02420, Tunneling.
- * THE BRITISH TUNNELLING SOCIETY AND THE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. Tunnel Lining Design Guide. ICE-Institution of civil engineers. Thomas Telford. 2004

1. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA INSTALACIONES NUEVAS

AUGER BORING:

La tecnología Auger Boring es generalmente usada para instalar tubería dentro de una camisa de acero ó con la ayuda de una camisa de acero en suelos blandos con condiciones estables como arcillas ó suelos con contenido de rocas sueltas pequeñas localizadas por encima del nivel freático. El Auger boring es una opción para la instalación de tuberías por debajo de ferrocarriles, carreteras o situaciones donde los asentamientos son una preocupación.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Auger Boring

- **Espacio disponible para equipos:** Se debe tener en cuenta que la tecnología Auger Boring necesita disponibilidad de espacio considerable en la superficie para la ubicación de los pozos de entrada y salida de la cabeza de corte. La camisa de acero también requiere diseño del espesor para resistir los impactos del martilleo y se debe estimar adecuadamente la fricción esperable en el terreno para poder vencer la fricción adecuadamente.
- **Diámetros y longitudes de aplicación:** La longitud depende del diámetro nominal, las características del suelo y la fricción resultante, así como los parámetros técnicos de la maquinaria a utilizar (fuerza y torque). El recubrimiento para la instalación de tuberías con esta técnica es de 2 veces el diámetro nominal pero nunca menor de 0.80 cm. Los diámetros pueden alcanzar 1600mm con distancias hasta de 100m.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Auger Boring

- ***Diseño de Pozos de salida y lanzamiento:*** Esta actividad comprende el diseño de la excavación para pozos y su cimentación; dimensionamiento de zanjas, diseño de entibados, diseño de anclajes, losas de fondo. El diseño de los pozos de trabajo debe estar basado en la información geotécnica y debe garantizar que en el transcurso de instalación de la tubería los pozos no presenten falla de fondo.

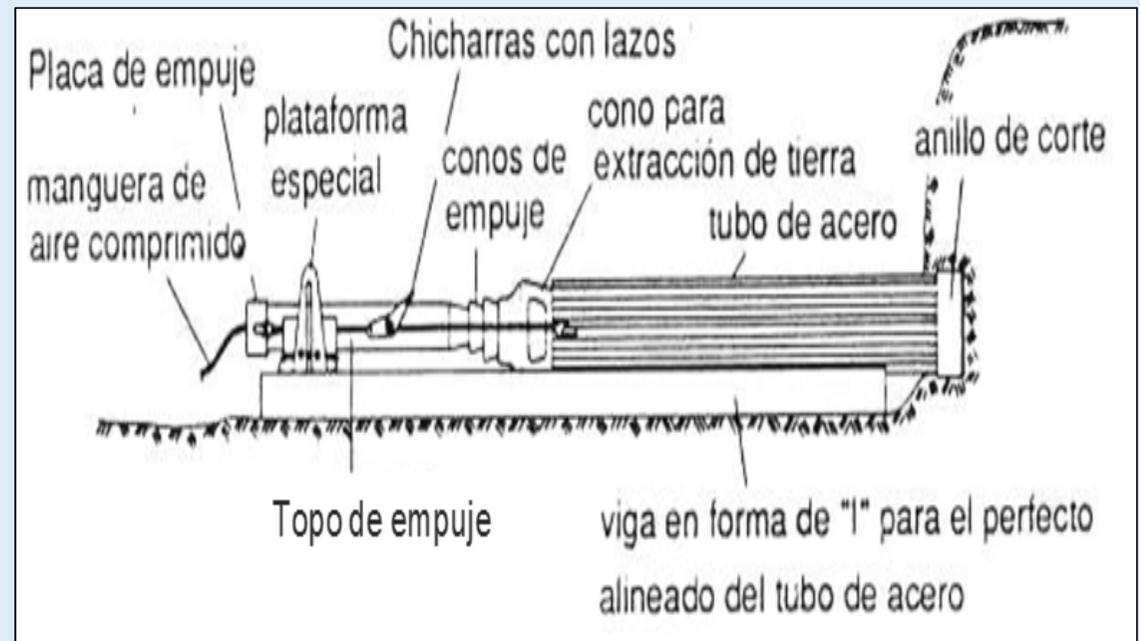
Normas de referencia

- STANDARD DWA-A 125E, Pipe Jacking and Related Techniques, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren December 2008.
- American Society of Civil Engineers. Standard construction guidelines for microtunneling. CI/ASCE 36-01

1. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA INSTALACIONES NUEVAS

PIPE RAMMING:

El sistema utiliza una máquina que introduce tubos de acero en el suelo mediante acción dinámica (martillado), la cual no necesita topes fijos; estos tubos de acero pueden funcionar como la tubería definitiva o como camisa o carcaza para la tubería definitiva.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Pipe Ramming

- **Espacio disponible para equipos:** Se debe tener en cuenta que la tecnología Pipe Ramming necesita disponibilidad de espacio considerable en la superficie para la ubicación de los pozos de lanzamiento y recepción, pues para el posicionamiento del equipo de empuje el pozo puede alcanzar dimensiones de hasta 14m x 4m. Así mismo necesita espacio en la superficie para la ubicación de equipos como compresores. La camisa de acero también requiere diseño del espesor para resistir los impactos del martilleo y se debe estimar adecuadamente la fricción esperable en el terreno para poder vencer la fricción adecuadamente.
- **Diámetros y longitudes de aplicación:** La longitud depende del diámetro nominal, las características del suelo y la fricción resultante, las longitudes generalmente no superan los 80m y los diámetros no sobrepasan los 1.5m. A medida que se aumenta el diámetro del Ramming se debe tener en cuenta que se disminuye el alcance (la longitud) de la instalación y se aumenta considerablemente la fricción. Se requiere una capa de suelo de recubrimiento de 2 veces el diámetro, pero no menor de 1m.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología Pipe Ramming

- ***Diseño de Pozos de salida y lanzamiento:*** Esta actividad comprende el diseño de la excavación para pozos y su cimentación; dimensionamiento de zanjas, diseño de entibados, diseño de anclajes, losas de fondo. El diseño de los pozos de trabajo debe estar basado en la información geotécnica y debe garantizar que en el transcurso de instalación de la tubería los pozos no presenten falla de fondo.

Normas de referencia

- *ASTM A139-00 Standard Specification for Electric-Fusion (Arc)-Welded Steel Pipe (NPS 4 and Over)
- *ASTM A53/A53M-01 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless (Grade B pipe)
- *API 5L Specification for Line Pipe (41st edition 1995) (Grade X or B pipe)
- *ASTM A106-99e1 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service
- *ATV-A 161E Structural Calculation of Driven Pipes (January, 1990)

1. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA INSTALACIONES NUEVAS

PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA

El proceso para la instalación PHD comienza por una perforación piloto desde la superficie utilizando un barraje, la ruta de perforación se nivela y sigue el alineamiento deseado.

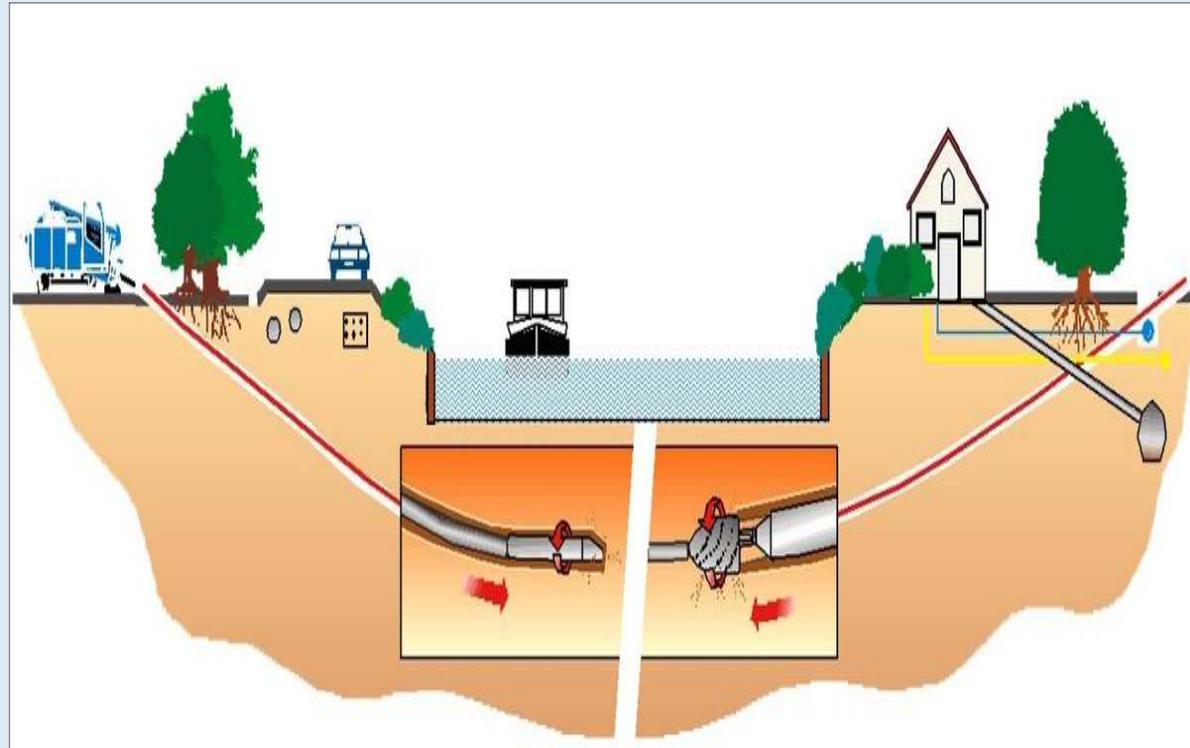
Para asegurar la precisión de una instalación PHD, se utiliza una sonda electrónica (localizador) u otro sistema de rastreo electromagnético para seguir el progreso del barreno piloto.



1. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA INSTALACIONES NUEVAS

Una vez se termina la perforación piloto se reemplaza la cabeza cortadora con un escariador o rima ensanchadora la cual agranda el barreno piloto hasta el diámetro deseado.

No se genera mucha excavación, sino que el terreno principalmente se comprime internamente. Finalmente se halan hacia adentro de la perforación desde el pozo de salida hasta el pozo de entrada los tramos de tubería ensamblados previamente.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PHD

- ***Espacio disponible para equipos:*** Se debe tener en cuenta que la PHD necesita disponibilidad de espacio considerable en la superficie para la ubicación los equipos entre los cuales están; plataforma de perforación, bomba y mezcladora de lodos, sistema de guiado etc...
- ***Espacio disponible para pozos:*** Además del espacio disponible para los equipos se debe destinar un espacio para unos pequeños pozos requeridos para el proceso de perforación que según la longitud de la plataforma de perforación pueden medir hasta 1.2m x 1m.
- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** La longitud de instalación puede alcanzar los 100m y los diámetros pueden ser de hasta 250mm.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PHD

- ***Espesor del tubo:*** Los tubos a ser halados mediante la perforación horizontal dirigida requieren un proceso cuidadoso de diseño en cuanto a su espesor, el cual dependerá de condiciones de nivel freático, cargas muertas de suelo, cargas vivas de tráfico. Para estos diseños deben seguirse las normas internacionales. También requieren el respectivo diseño para resistir adecuadamente los esfuerzos de tracción al halar los tubos dentro del suelo.
- ***Estimación de la fricción del terreno:*** Es un elemento sumamente importante de estimar para garantizar que la obra tenga éxito.
- ***Coberturas mínimas:*** Debido a que el método funciona básicamente por compresión del terreno existente, las profundidades mínimas para evitar la generación de abultamientos en la superficie son rigurosas y deben consultarse las normas vigentes.

Normas de referencia

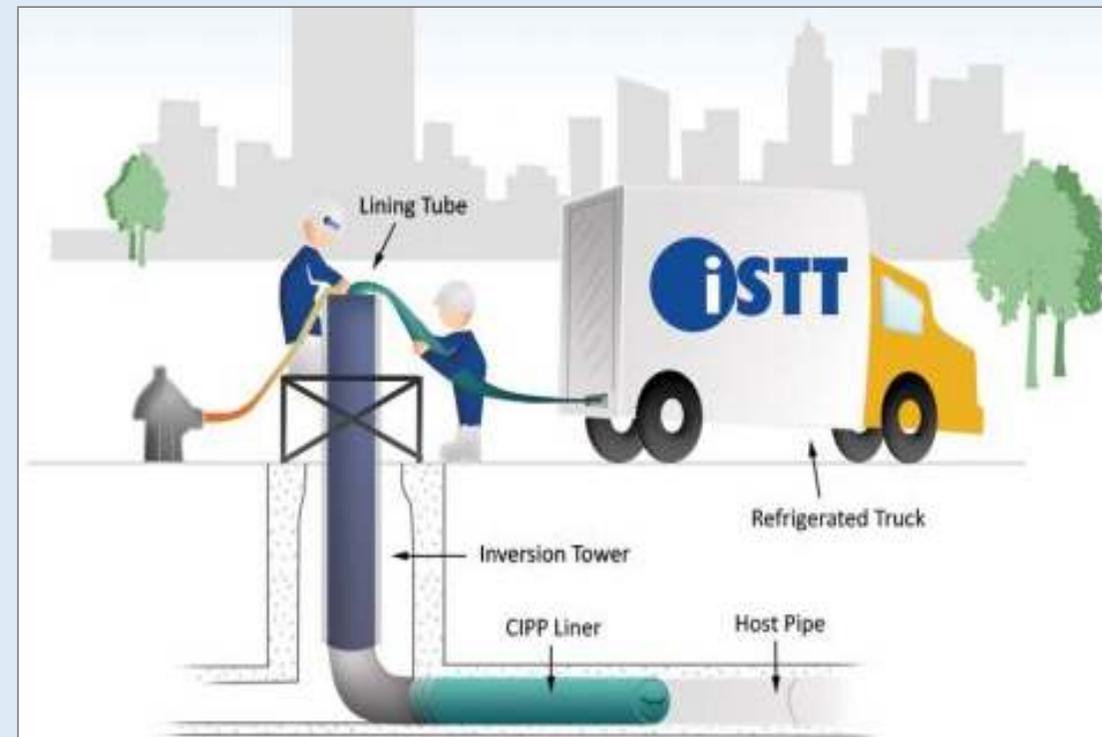
* ASTM F1962- Standard Guide for Use of Maxi-Horizontal Directional Drilling for Placement of Polyethylene Pipe or Conduit Under Obstacles, Including River Crossings

2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

En cuanto a las alternativas más comunes de rehabilitación con métodos sin zanja para tuberías existentes se encuentran las siguientes

CURADO EN SITIO CIPP

Los dos métodos CIPP principales son el de montacarga fijo y el de inversión en el punto de construcción. El método de montacarga fijo arrastra el tubo de revestimiento a lo largo de la tubería, después de ser arrastrado, el tubo de revestimiento se infla para que quede fijo contra las paredes de la tubería, y luego se somete a un proceso de curado mediante luz ultravioleta. El método de inversión en el punto de construcción utiliza la gravedad y la presión de agua o de vapor de agua para forzar el tubo de revestimiento a lo largo de la tubería para luego invertirlo. Este proceso de inversión presiona la tubería cubierta de resina contra las paredes de la tubería.



2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

Durante los métodos de inversión en el punto de construcción, se hace circular calor a lo largo de la tubería nueva para endurecer la resina y formar así una incrustación fuerte de la tubería nueva con la existente. Sí se usa esta metodología con resinas de poliéster y vinilester no se puede mojar, debido a que si sucede esto inhibe el proceso de curado; por tanto, se dificultan bajo niveles freáticos ó con alta infiltración.

Durante los métodos de montacarga fijo se somete el tubo ya arrastrado e inflado a un proceso de curado mediante un tren de lámparas de luz ultravioleta, y de esta manera formar un revestimiento de alta resistencia dentro del tubo existente a rehabilitar.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología CIPP

- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** En Colombia esta tecnología aplica para tuberías con diámetros de 150mm hasta 1100mm, sin embargo, a nivel internacional esta tecnología aplica para diámetros de 2700mm y para secciones de tuberías ovaladas. Las longitudes oscilan de 30m a 200m en Colombia y hasta 900m a nivel internacional. Se debe tener en cuenta que al rehabilitar tuberías con diámetros mayores a 600mm se debe ajustar la tapa del pozo si esta es también de 600mm esto con el fin de no obstaculizar el ingreso del material al pozo y posteriormente a la tubería.
- ***Estado de tuberías a ser rehabilitadas:*** El método CIPP se puede aplicar para rehabilitar colectores con deficiencias como grietas, uniones desfasadas y segmentos estructuralmente deficientes. El material de la resina fraguada térmicamente se incorpora con los materiales de la tubería existente para formar un sellado de mayor impermeabilidad que el de la mayoría de las otras técnicas de rehabilitación sin zanjas. Igualmente se puede utilizar en tuberías flexibles que presenten deformaciones menores del 7% y tuberías rígidas con deformaciones menores del 10%.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología CIPP

- ***Espesor del revestimiento:*** Los revestimientos a ser curados en sitio requieren un proceso cuidadoso de diseño en cuanto a su espesor, el cual dependerá de condiciones de nivel freático, cargas muertas de suelo, cargas vivas de tráfico, y condición de rehabilitación, ya sea no estructural, parcial o totalmente estructural. Para estos diseños deben seguirse las normas internacionales. Las adecuaciones en los pozos de inspección cuando los diámetros de los revestimientos no quepan por las tapas de los mismos también requieren diseños especiales.

NORMAS DE REFERENCIA

*ASTM C 581: C581 - 03(2008)e1 Standard Practice for Determining Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass-Fiber-Reinforced Structures Intended for Liquid Service.

*ASTM F 1216 - 09 Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología CIPP

*DIN EN 13566-4. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks - Part 4: Lining with cured-in-place pipes; German version EN 13566-4:2002.

*ASTM F1417 - 11a Standard Practice for Installation Acceptance of Plastic Non-pressure Sewer Lines Using Low-Pressure Air.

*The German Sewer Authority ATV-Abwasser Technische Vereinigung A127 y M127.

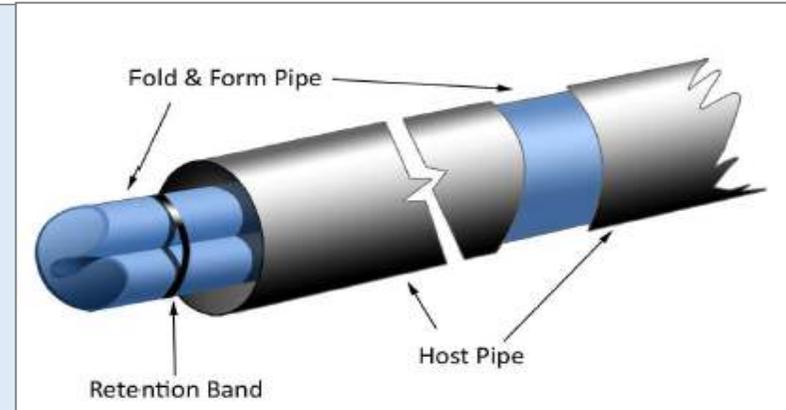
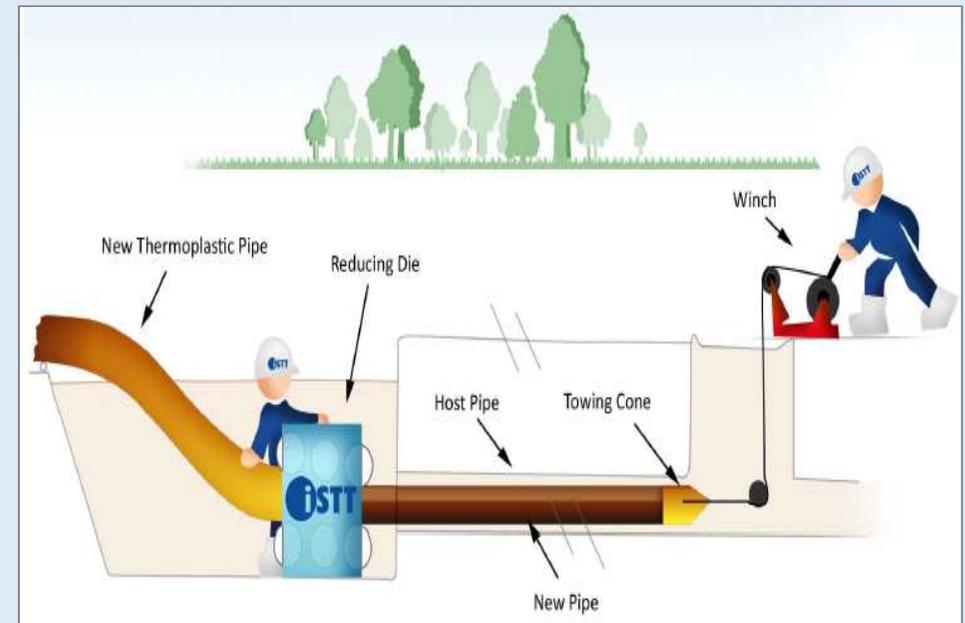
*ASTM F2019-03 Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)

* Instructivo DWA-M 144-3 Parte 3: Renovación mediante procedimiento de revestimiento interior con manga (revestimiento interior con manga en canales de endurecimiento in situ) para canales de desagüe

2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

CLOSE-FIT SLIP LINING

Los materiales termoplásticos cambian su forma cuando se aplican fuerzas al material ya sea mediante la aplicación de compresión o tensión, pero retornan a su forma original cuando la fuerza externa se elimina o se aplica presión interna. Esta propiedad permite que la tubería de termoplástico pueda ser deformada temporalmente e ingresada a la tubería existente. Cuando la nueva tubería ha sido colocada en la posición deseada, la tensión de arrastre en la tubería ya no se aplica, una presión interna se aplica y la tubería volverá a su forma original.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología CLOSE-FIT SLIP LINING

- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** La disponibilidad en diámetros en el país va de 100mm a 500mm, sin embargo, a nivel internacional aplica para diámetros mayores a 500mm, diámetro que no es aconsejable, pues las trincheras se deben hacer cada vez más grandes según el diámetro y la deformación se hace en sitio, lo cual requeriría mucha infraestructura. Adicionalmente se debe tener en cuenta que hay una reducción variable del diámetro dependiendo del espesor necesario de la tubería, sin embargo, se mejora la capacidad hidráulica mínimamente por su nueva superficie lisa o cambio de rugosidad.
- ***Estado de tuberías a ser rehabilitadas:*** La aplicabilidad de esta tecnología sugiere que las deformaciones sean menores a 16% y las obstrucciones menores al 2% del diámetro para que no haya necesidad de quitar la obstrucción y las longitudes dependen del SDR de la tubería y del diámetro.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología CLOSE-FIT SLIP LINING

- **Espesor del revestimiento:** Los revestimientos a ser introducidos dentro del tubo huésped mediante la técnica del close fit slip lining requieren un proceso cuidadoso de diseño en cuanto a su espesor, el cual dependerá de condiciones de nivel freático, cargas muertas de suelo, cargas vivas de tráfico. Para estos diseños deben seguirse las normas internacionales.

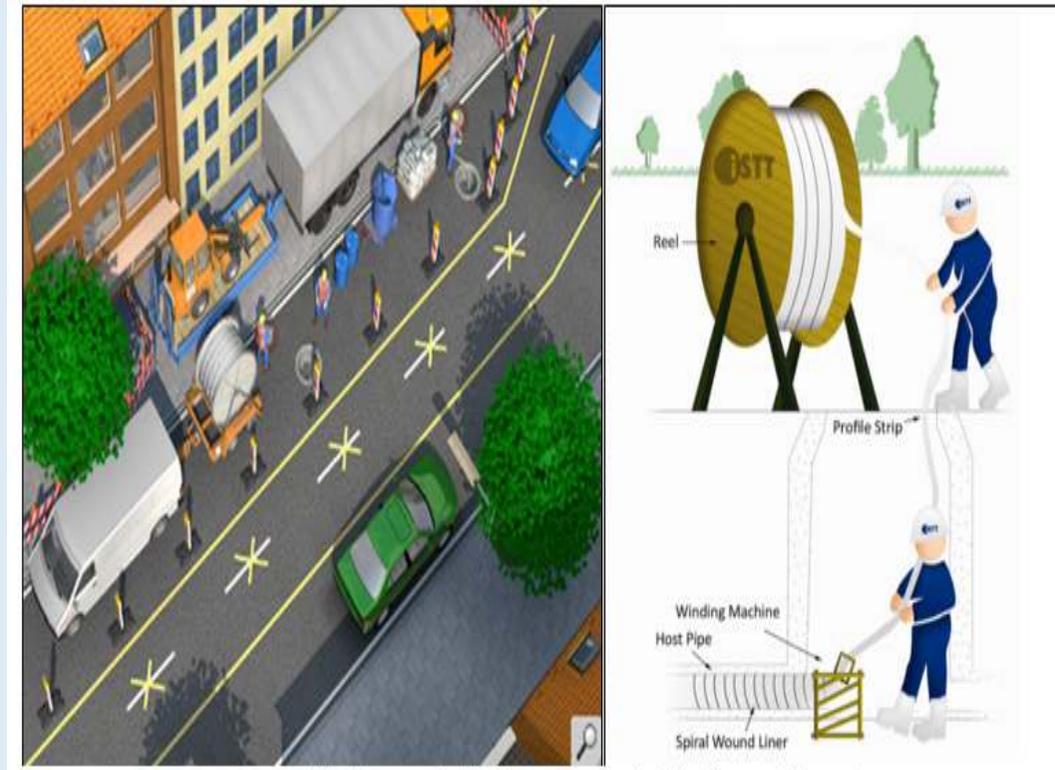
NORMAS DE REFERENCIA

- * ISO 11296-1, -3, “Plastic piping system for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage network – part 1: General, Part 3: Lining with close –fit pipes”, 2009.
- * EN 14409. Plastic piping systems for renovation of underground water supply network part 1, General & Part 3, Lining with close-fit pipes.

2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

SPIRAL WOUND LINING

Para la rehabilitación con un contacto íntimo sin espacio anular, el sistema incluye una máquina bobinadora operada hidráulicamente que va rotando a medida que avanza dentro de la tubería, entrelazando bandas sucesivas de perfil de PVC que van formando el nuevo tubo contra las paredes de la tubería existente para lograr el contacto íntimo. Este contacto íntimo se logra gracias a unos pistones hidráulicos que actúan por medio de presiones variables los cuales van ajustando el liner a las dimensiones actuales de la tubería dañada.



2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

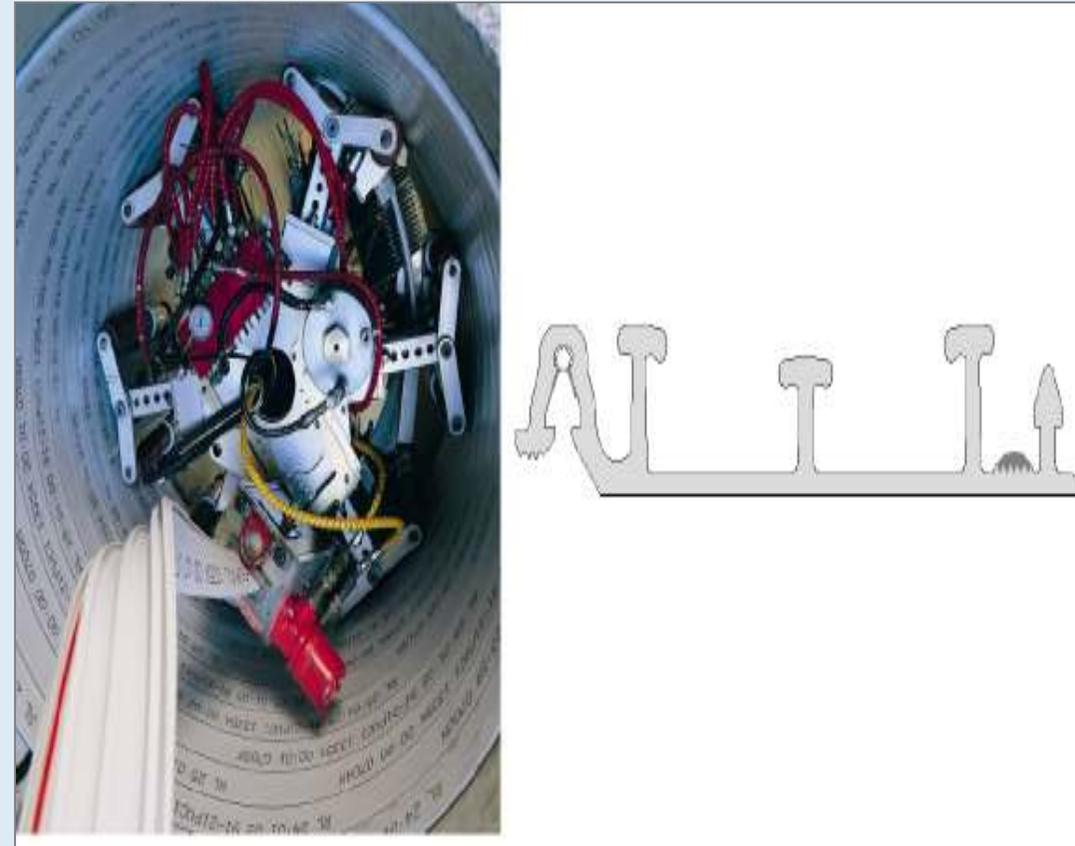
Ventajas de la tecnología Spirally Wound

Es un proceso muy económico.

El desarrollo y empleo de los materiales compuestos en tecnologías de embobinado en espiral, incrementa el rango de diámetros que pueden rehabilitarse ofreciendo liners con resistencia estructural adecuada.

El proceso mecánico de instalación en sitio hace de la rehabilitación de tuberías de Grandes Diámetros una operación que baja el riesgo asociado a estas prácticas.

En la mayoría de los casos, para diámetros no muy grandes, no se requiere establecer bombeo para quitar el agua del tubo huésped, sino que se puede trabajar con presencia de agua.

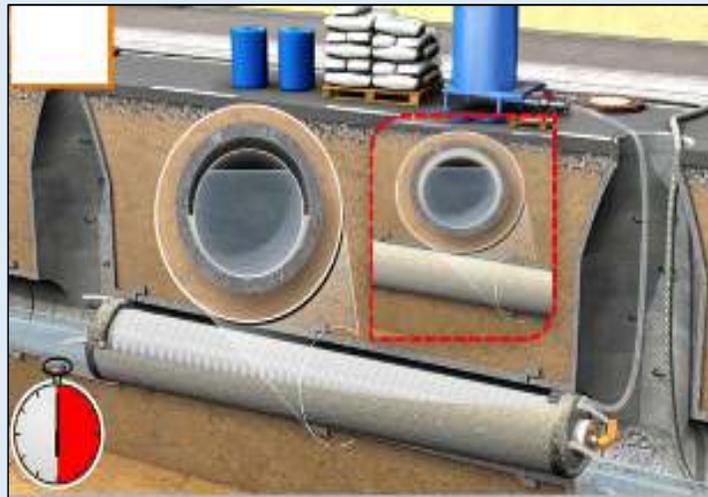


Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología SPIRALLY WOND

- Antes de empezar con la aplicación del Spirally Wound se debe raspar la losa de fondo del pozo para que la maquina bobinadora no se obstruya con la superficie y tenga un correcto nivel de posicionamiento, y después volver a resanar lo raspado.
- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** El Spiral Wound con su proceso proporciona una solución ya sea estructural o no en contacto íntimo con la tubería existente, cuenta con perfiles de alta resistencia para poder dar soluciones a tuberías de diámetros desde 150mm hasta 3000mm y las longitudes pueden variar hasta 150m en el caso de colectores de grandes diámetros; esta tecnología también es adecuada cuando una tubería existente debe estar enterrada a profundidades considerables y por esto requieren de materiales con suficiente rigidez anular para rehabilitar estructuralmente un colector de este tipo.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología SPIRALLY WOND

- **Inyección del grouting:** Cuando la solución escogida en esta tecnología no es la de diámetro expandible hasta quedar a tope con el diámetro interior del tubo existente, la otra solución (que es la de diámetro fijo) requiere aplicación de grouting. Antes de iniciar el llenado del espacio anular ó espacio entre la tubería huésped y tubería nueva con grouting, la tubería deberá estar obturada en ambos extremos y se deben instalar los ductos respectivos para la aplicación el grouting. La inyección de grouting se realiza en dos etapas a partir del punto más bajo. La lechada se inicia cerca del manhole de partida, esta fluye sin presión en el espacio anular entre el tubo enrollado en espiral y la tubería huésped. Debido a que preliminarmente el tubo en espiral se llena con agua, esto impide la flotabilidad.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología SPIRALLY WOND

- ***Espesor del revestimiento:*** Los revestimientos a ser instalados mediante embobinado en espiral de PVC requieren un proceso cuidadoso de diseño en cuanto a su espesor, el cual dependerá de condiciones de nivel freático, cargas muertas de suelo, cargas vivas de tráfico, y condición de rehabilitación, ya sea no estructural, parcial o totalmente estructural. Para estos diseños deben seguirse las normas internacionales. Las adecuaciones en los pozos de inspección cuando las máquinas bobinadoras tengan posibilidad de chocarse contra la losa de fondo de los mismos, también requieren de un diseño y de unas especificaciones para hacer las adecuaciones respectivas y volver a reestablecer la condición original.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología SPIRALLY WOND

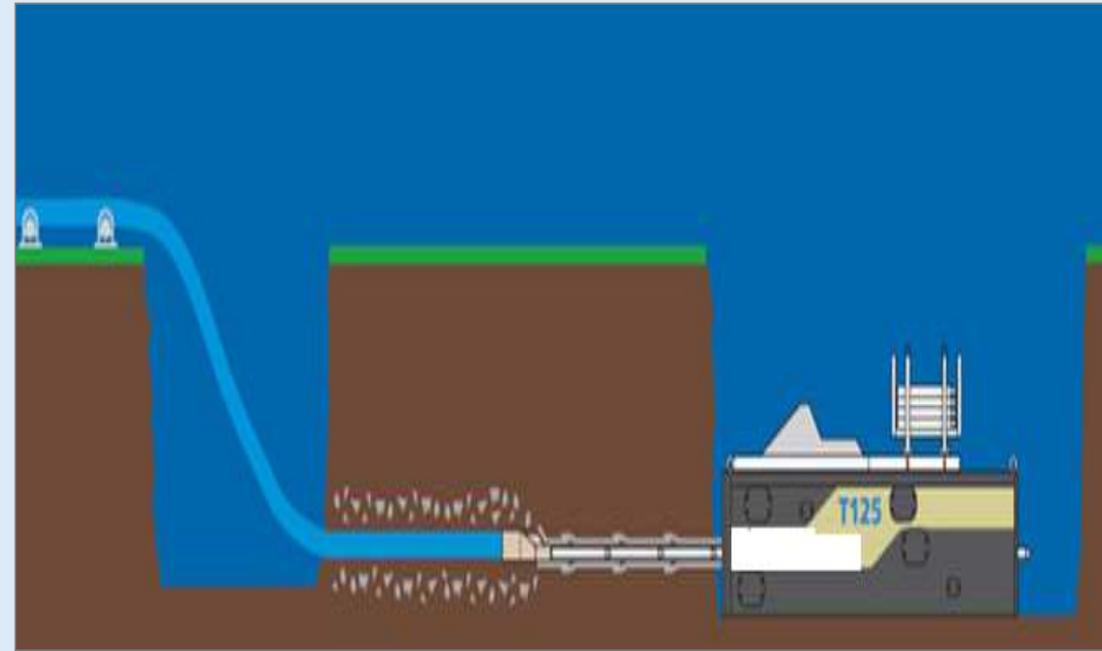
NORMAS DE REFERENCIA

- *ASTM F 1741: “Standard Practice for Installation of Machine Spiral Wound. PVC Liner Pipe for Rehabilitation of Existing Sewers and Conduit” modified for SPR™ PE (HDPE) liner pipe.
- *ASTM F1697 - 09 Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Profile Strip for Machine Spiral-Wound Liner Pipe Rehabilitation of Existing Sewers and Conduit.
- *ASTM D 1784 -11. Standard Specification for Rigid Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Compounds and Chlorinated Poly(Vinyl Chloride) (CPVC) Compounds.
- *ASTM D 3350 – 12. Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials.
- *Australian Water Authority Specifications, usually based on Australian. Standard AS 2566.1: “Buried Flexible Pipelines, Part 1: Structural Design”.

2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

PIPE BURSTING

En el caso del reemplazo de tuberías en zonas de alto tráfico se usa el sistema por rompimiento o estallido de tubería existente (Pipe Bursting), el cual, consiste en la destrucción del tubo existente, la ampliación del orificio (si es el caso) y la instalación de un tubo nuevo de polietileno de alta densidad en el espacio dejado por el tubo antiguo. Esta metodología permite ampliar los diámetros respecto a la tubería original, dependiendo del tipo de suelo se pueden ampliar cinco o diez centímetros.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE BURSTING

Este sistema cuenta con las siguientes limitaciones:

El radio de curvatura del tubo de polietileno no debe exceder 20 veces el diámetro de la tubería, o menos dependiendo del SDR.

En diámetros grandes, debido a la limitación del radio de curvatura en el momento de la instalación y para evitar que la tubería se rompa se requiere hacer trincheras muy grandes.

Invade gran área en el momento de la termo fusión de la tubería.

Cuando se trabaja en proyectos de acueducto o alcantarillado las conexiones a domiciliarias se rompen, por ende, se deben reconstruir manualmente, es decir la unión entre las domiciliarias y el colector principal se hace por termo fusión o empate utilizando dos soldaduras de polietileno, las cuales van reforzadas con un cordón de soldadura en polietileno de 4mm el cual aporta total hermeticidad al sistema. Sin embargo, cada unión de la domiciliaria al tubo principal requiere un apique para realizar su termo fusión.

Otro sistema de unión entre el colector y las domiciliarias es a través de un empaque en neopreno, todo dependerá de la inclinación con que llegue el tubo de la acometida al colector principal

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE BURSTING

Este sistema cuenta con las siguientes limitaciones:

- El radio de curvatura del tubo de polietileno no debe exceder 20 veces el diámetro de la tubería, o menos dependiendo del SDR.
- En diámetros grandes, debido a la limitación del radio de curvatura en el momento de la instalación y para evitar que la tubería se rompa se requiere hacer trincheras muy grandes.
- Invade gran área en el momento de la termo fusión.
- Cuando se trabaja en proyectos de alcantarillado las conexiones a domiciliarias se rompen, por ende, se deben reconstruir manualmente, es decir la unión entre las domiciliarias y el colector principal se hace por termo fusión o empate utilizando dos soldaduras de polietileno, las cuales van reforzadas con un cordón de soldadura en polietileno de 4mm el cual aporta total hermeticidad al sistema. Sin embargo, cada unión de la domiciliaria al tubo principal requiere un apique para realizar su termo fusión.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE BURSTING

- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** Para Pipe Bursting estático los diámetros que actualmente existen en el país oscilan de 3" hasta 16", sin embargo, a nivel internacional aplica para diámetros hasta de 1700mm. La longitud a reemplazar depende del tipo de suelo y el diámetro, estas longitudes pueden ir de 100m hasta 200m en un día. Actualmente el sistema de pipe bursting neumático a nivel internacional aplica para diámetros que oscilan de 3" a 60". Cuando se aumenta el diámetro se debe tener en cuenta para tubos de alcantarillado que éste aumenta hacia arriba y hacia abajo de la tubería existente, por tanto, si se reemplaza un tramo y el siguiente a éste se va a dejar igual, se debe contar con algo de caída ya que con la reposición variaría la batea de llegada a éste siguiente tramo. La profundidad mínima a la cual se puede realizar este reemplazo se encuentra normalizada dependiendo de diversos factores que deben consultarse en las guías de diseño internacionales, ó de lo contrario se podría dañar la superficie bajo el cual se está trabajando (vías).

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE BURSTING

- ***Espesor del tubo:*** Los tubos a ser halados mediante pipe bursting requieren un proceso cuidadoso de diseño en cuanto a su espesor, el cual dependerá de condiciones de nivel freático, cargas muertas de suelo, cargas vivas de tráfico. Para estos diseños deben seguirse las normas internacionales. También requieren el respectivo diseño para resistir adecuadamente los esfuerzos de tracción al halar los tubos dentro del suelo.
- ***Diseño de Pozos de trabajo:*** Esta actividad comprende el diseño de la excavación para pozos y su cimentación; dimensionamiento de zanjas, diseño de entibados. El diseño de los pozos de trabajo debe estar basado en la información geotécnica y debe garantizar que en el transcurso de instalación de la tubería los pozos no presenten falla de fondo. Las dimensiones de los pozos de trabajo deben calcularse dependiendo de la profundidad de la tubería a instalar, el diámetro y el SDR de la misma.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE BURSTING

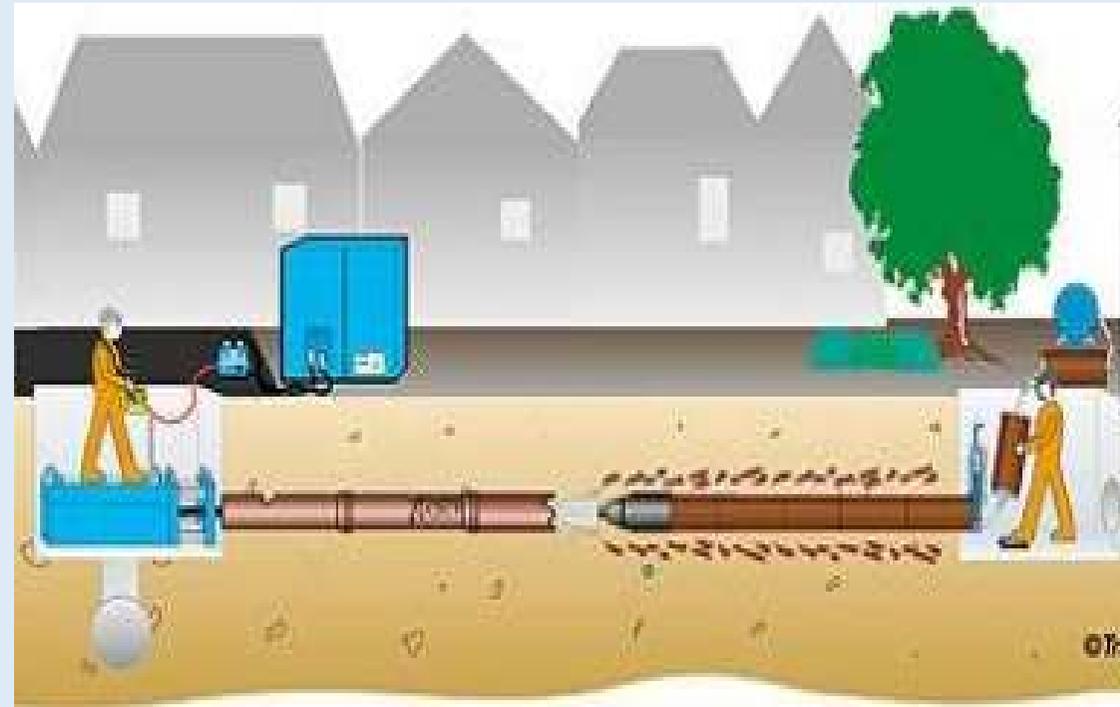
NORMAS DE REFERENCIA

- GUIDELINES FOR PIPE BURSTING. TTC Technical Report #2001.02. Jadranka Simicevic, Raymond L. Sterling. U.S. Army Corps of Engineers Engineering Research and Development Center (ERDC). 3909 Halls Ferry Road. Vicksburg, MS 39180. March 2001.
- INTERNATIONAL PIPE BURSTING. Guidelines for Pipe Bursting. Division of NASSCO 11521 Cronridge Drive, Suite J Owings Mills, MD 21117. www.nassco.org. January 2012.

2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

PIPE EATING

Reemplaza tuberías deterioradas, destruyendo la tubería existente, sacando los escombros e hincando la tubería nueva. La tubería existente es excavada junto con el suelo que la rodea y los sobrantes pueden ser removidos por un tornillo sinfín por flushing u otro medio de avance.



Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE EATING

Ventajas de la tecnología Pipe Eating

El alineamiento de la tubería existente no necesariamente debe ser considerado y se puede variar.

No hay problema de aumentar el diámetro de la tubería existente.

No es necesario abatir el nivel freático.

La precisión es alta porque el guiado se hace con sistema de guiado de alta precisión (laser, nivel de aguja, giroscopio, etc).

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE EATING

- ***Diámetros y longitudes de aplicación:*** Con la tecnología Pipe Eating se pueden instalar diámetros mayores a los de la red existente, puede ser utilizada para reemplazar gres, hormigón sin refuerzo, en un rango de diámetros de 300mm hasta 2400mm, sin embargo se debe tener en cuenta que la tubería existente no debe tener refuerzo y que el diámetro de la tubería existente debe ser menor que el de la máquina, además la alineación de la tubería existente tiene que estar en el rango del diámetro de la máquina. Es importante tener en cuenta que no se puede considerar la aplicación de esta tecnología cuando las tuberías existentes tienen refuerzo o son metálicas.
- ***Espacio disponible para equipos:*** Se debe tener en cuenta que la tecnología Pipe eating necesita disponibilidad de espacio en la superficie para la ubicación de los equipos pues entre otros se requiere de una planta de separación para seleccionar el material excavado.

Aspectos fundamentales para tener en cuenta en los diseños al utilizar tecnología PIPE EATING

- ***Diseño de Pozos de salida y lanzamiento:*** El diseño de los pozos de trabajo es fundamental para la correcta y optima ejecución de la obra, esta actividad comprende el diseño de la excavación para dichos pozos y su cimentación; dimensionamiento de zanjas, diseño de entibados, diseño de anclajes, muros de reacción, losas de fondo. El diseño de los pozos de trabajo debe estar basado en la información geotécnica y debe garantizar que en el transcurso del hincado de la tubería los pozos no presenten falla de fondo.
- ***Diseño de tubería para hincado:*** Las cargas de diseño de los tubos deberán incluir como mínimo las cargas hidrostáticas y de tierra; las cargas de construcción incluyendo fuerzas de gateado sobre los tubos, fuerzas de fricción a lo largo de la tubería y fuerzas resultantes de las cargas excéntricas de un tubo desviado o construido en curva; así como cargas de manejo y almacenamiento.

NORMAS DE REFERENCIA

- STANDARD DWA-A 125E, Pipe Jacking and Related Techniques, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren December 2008.
- American Society of Civil Engineers. Standard construction guidelines for microtunneling. CI/ASCE 36-01.

2. ASPECTOS ESPECIFICOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECNOLOGIAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE DUCTOS EXISTENTES

MATRIZ DE SELECCIÓN Y DESCARTE

Se deberá elaborar una matriz de selección y descarte para determinar cuáles tecnologías son inviables o viables para el proyecto teniendo en cuenta las características específicas del mismo.

A continuación, a manera de ejemplo se presentan dos modelos de matriz de selección y descarte para el caso de instalación de tubería nueva o rehabilitación de tuberías con sistemas sin zanja.

MATRIZ DE SELECCIÓN Y DESCARTE PARA INSTALACIÓN DE TUBERIAS NUEVAS

TUBERIA NUEVA							
TECNOLOGIA A USAR	DIÁMETRO	LONGITUD DE INSTALACIÓN	TAMAÑO DE POZOS	NIVEL FREATICO	ACCESIBILIDAD	TIPO DE SUELO	VIABILIDAD
PIPE JACKING							SI
TUNNEL LINER							NO
AUGER BORING							N/A
PIPE RAMMING							
PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA							

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS DE INGENIERIA DE DETALLE

Una vez seleccionada la tecnología a utilizar en el proyecto, se deberá elaborar los diseños detallados para construcción, conforme a los tamaños de las máquinas, equipos disponibles en el mercado, en los que se deberán prever las obras provisionales y definitivas. Estos diseños deberán contar con no objeciones para empezar a ser implementados en obra.

Para elaborar la ingeniería de detalle con éxito se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

Ingeniería geotécnica

El componente geotécnico tiene un papel muy importante y decisivo en el diseño y por ende en la instalación de conductos utilizando tecnologías sin zanja, como parte de las investigaciones y estudios geotécnicos se debe:

- a) Elaborar un registro geotécnico de perforaciones, apiques y trincheras mediante perfiles estratigráficos, en los cuales se indique el nivel freático y el espesor de cada estrato.
- b) Realizar ensayos de laboratorio de suelos para obtener los parámetros geotécnicos.
- c) Presentar el modelo geotécnico detallado y el análisis de resultados con la selección de parámetros geotécnicos para diseño de las excavaciones, diseño taludes cimentaciones para pozos de entrada y salida en los casos en los que aplique; incluyendo análisis de capacidad portante y asentamientos; entibados y rellenos, estabilidad lateral y estabilidad del fondo de las excavaciones, para definir la necesidad de utilizar o no pantallas pre-excavadas o apuntalamientos verticales por debajo del nivel de las losas de fondo de los pozos de trabajo.
- d) En el diseño de pozos el cual comprende el diseño de la excavación, el diseño de entibados, el diseño de muros de reacción, se deberán estimar empujes horizontales y verticales, incluyendo efectos sísmicos, falla por sub-presión, sistemas de bombeo y drenaje, falla por flotación, capacidad portante y deformaciones del suelo en superficie considerando cargas de construcción y de operación.

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

- ✓ **Elaboración de los Diseños geométricos de los pozos y Trazado en Planta-Perfil de la ductería a instalar o rehabilitar mediante tecnologías sin zanja.**

El diseñador deberá tener en cuenta que entre sus responsabilidades están:

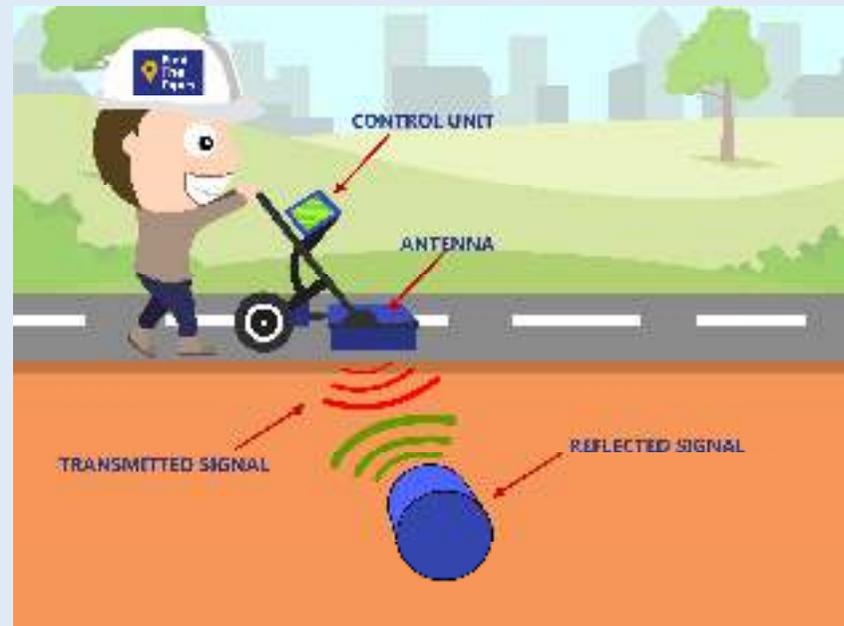
a. Contar con el levantamiento topográfico de la zona del proyecto para localizar las redes de servicios públicos que puedan representar interferencias al proyecto; asimismo se deberá obtener de los operadores de los servicios de agua potable, alcantarillados sanitario y pluvial, energía eléctrica, teléfonos, fibra óptica, etc., los planos de estas instalaciones, y coordinar con dichos operadores la ubicación real en el campo. Todo lo anterior para tener en cuenta la localización relativa de los pozos y/o conductos con respecto a otros servicios y al eje de las vías próximas.

Si existe la incertidumbre en la localización de una interferencia de gran importancia se deberá realizar la inspección con geo-radar de doble frecuencia GPR/PPR, para precisar dicha localización.

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

✓ Elaboración de los Diseños geométricos de los pozos y Túnel

Tecnología GPR/PPR: El Georadar GPR/PPR: “Ground Penetrating Radar” / “Pipe Penetrating Radar” es un equipo que permite detectar tuberías y objetos enterrados que puede suministrar una profundidad aproximada de los objetos encontrados, e incluso puede determinar el espesor de capas de estructuras, como el concreto, asfalto, estratos geológicos, permite la detección y localización de elementos, formaciones y/o anomalías en el subsuelo, etc



3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

- b. Diseñar la instalación subterránea teniendo en cuenta la profundidad mínima para la protección de las estructuras (si es del caso) y de las tuberías (según el tipo de tubería), o diseñar las medidas de protección requeridas cuando ello no sea posible.

- c. Proyectar la localización, los diámetros internos y los espesores para los tubos a ser instalados sin zanja o rehabilitados, la profundidad de los pozos de lanzamiento y salida si se requieren, y la profundidad del fondo de los pozos respecto a la elevación de la tubería por instalar o rehabilitar, de acuerdo con el método y la longitud de instalación, los equipos requeridos y las condiciones existentes del sitio del proyecto, verificando la normatividad internacional al respecto.

- d. Diseñar la geometría de los pozos de trabajo teniendo en cuenta que prima la condición de manejo de tránsito que imponga la autoridad competente, de tal manera que los pozos circulares de gran tamaño pueden ajustarse a formas geométricas especiales dependiendo del número de carriles que la autoridad de tránsito permita cerrar para su construcción y operación de los equipos de perforación subterránea.

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

✓ Inspección con CCTV

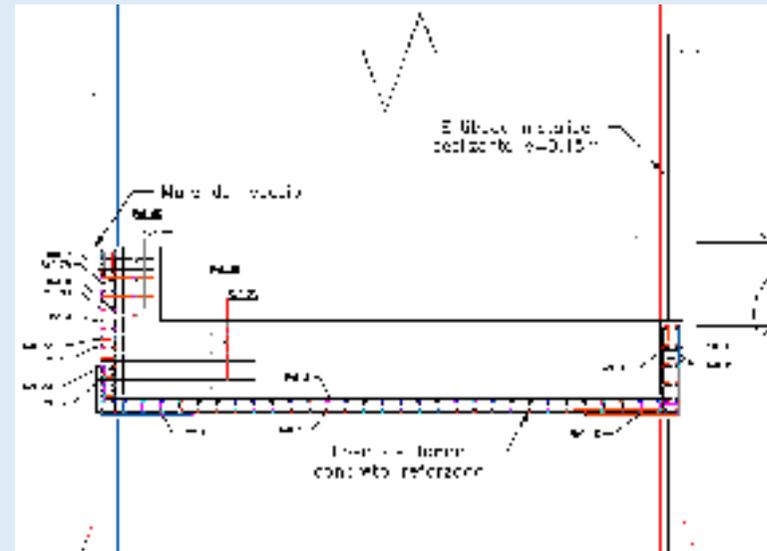
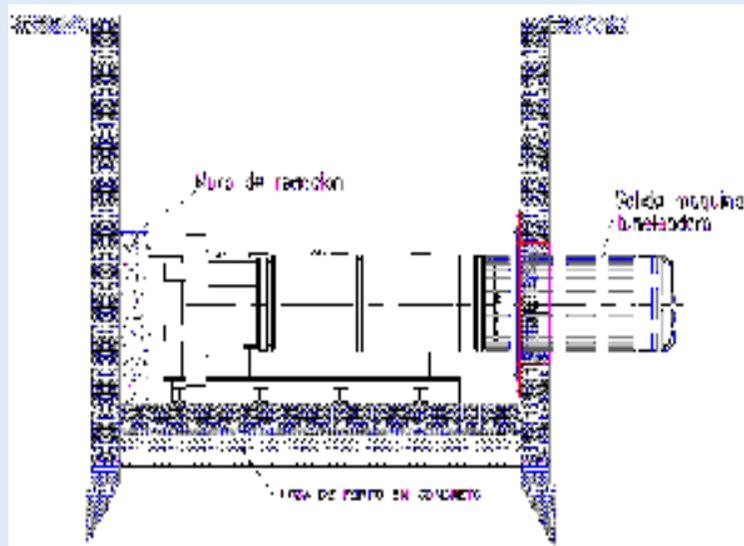
En el caso de la rehabilitación de tuberías existentes es necesario llevar a cabo una inspección con CCTV (circuito cerrado de televisión) con el cual se busca revisar mediante fotografías y videos el estado real de la tubería registrando cualquier particularidad que se encuentre, deberá contar con un sistema de laser ó equivalente que permita tomar mediciones cuantitativas de diámetros, deflexiones y cotas; entre las anomalías más comunes que se encuentran en este tipo de inspección están: deformación del tubo existente ($\Delta D/D$ %), empozamiento, juntas desplazadas, depósitos de concreto o material sedimentado, acometidas con huecos, desalineamientos, presencia de raíces, superficies deterioradas, colapso, fisuras, fracturas, infiltraciones, etc...Esta inspección previa a la rehabilitación es fundamental para determinar las medidas correctivas a tomar e incluso para determinar que tecnología es más conveniente y viable a utilizar.

En el caso específico de la instalación de tuberías nuevas con método sin zanja una vez terminada dicha instalación de tubería, se deberá realizar una inspección con CCTV verificando el estado de construcción en cuanto a alineamiento horizontal y vertical, la inspección con CCTV deberá contar con un sistema de laser ó equivalente que permita tomar mediciones cuantitativas de diámetros, deflexiones y cotas, y con esta información realizar la correspondiente verificación hidráulica de ser necesario cuando se detecten desalineamientos que se salgan de las tolerancias especificadas.

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

Diseño estructural

El componente estructural comprende para ductería nueva a ser instalada sin zanja, la elaboración de los diseños estructurales de los pozos de trabajo, de los muros de reacción para los pozos de lanzamiento y de las losas de fondo de los pozos de trabajo según corresponda; comprende también, para el sistema de tubería hincada el diseño de los tubos para garantizar que se cumplan los requerimientos de las normas internacionales aplicables. Para tuberías a ser rehabilitadas mediante revestimientos internos, además de los requerimientos estructurales para pozos de trabajo cuando aplica, el diseño estructural comprende la selección de los materiales y el cálculo de los espesores de dichos revestimientos a ser instalados dentro de los tubos existentes.



3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

✓ **Diseño hidráulico (Proyectos de acueducto y alcantarillado)**

Al utilizar una tecnología sin zanja en proyectos de acueducto o alcantarillado se requiere un diseño hidráulico el cual deberá ser elaborado siguiendo los siguientes criterios generales:

a. La capacidad hidráulica de los colectores propuestos se debe garantizar. Sí en algún caso se considera conveniente ajustar diámetros por razones constructivas, para acomodarse al tamaño de las máquinas, éstos deben garantizar la capacidad hidráulica mínima.

b. Respetar los caudales de diseño.

c. Respetar las restricciones del diseño hidráulico:

- Restricciones en cuanto a la velocidad máxima y mínima.
- Restricciones en cuanto al alineamiento propuesto y pozos obligatorios (donde se deban recoger afluentes secundarios).
- Restricciones en cuanto a régimen de flujo y empate de colectores nuevos o rehabilitados con colectores en zanja, y con otros colectores nuevos o rehabilitados.

d. Pozos o puntos obligatorios y distancias máximas entre pozos de inspección finales.

3. ASPECTOS GENERALES EN EL DISEÑO UTILIZANDO TECNOLOGIAS SIN ZANJA

✓ Producto del diseño

Todos los diseños deberán ser presentados en informes y planos detallados para construcción, que contengan los esquemas, criterios, memorias de cálculo, especificaciones técnicas particulares, y recomendaciones constructivas, evaluación de cantidades de obra, modelos de computador de acuerdo con las normas correspondientes.

Los planos de construcción deberán identificar en todos los casos cada parte constitutiva de las obras y deberán ser suficientes para la ejecución de las mismas. Además, deberán mostrar en detalle el diseño de las tuberías o de los revestimientos, indicando los materiales a utilizar, las dimensiones nominales, espesores, y mostrando la disposición y detalles del refuerzo, método de fabricación y requerimientos de instalación.

GRACIAS...

Autor Corresponsal: Santiago Villanueva Valencia.

Institución o Empresa: IHT SAS-Gerente

Cel:3102192064

Tel:[4808114](tel:4808114)

E-mail: saviva1961@Gmail.com