



## **TITLE: Micro tunneling Pipe Jacking, Horizontal Directional Drilling and Tunnel Liner, when to use these Technologies? Annotations based on Experience.**

**Authors: Roberto J. Guardia, Vice President, Shannon & Wilson Inc., Expert for Nippon Koei LAC Colombia.  
Leonardo A. Hernandez, Trenchless Technology Specialist, Nippon Koei LAC Colombia**

### **1. ABSTRACT**

The boom of Trenchless Technologies is imminent and the use and application of these technologies in our cities today, more than an alternative is a necessity. Cities with fast growth, densely populated areas and busy roads, means that the maintenance, replacement and installation methods of utilities cannot be constructed by the traditional methods of trenching. Trenchless Technologies are only the result of the impossibility to disturb the populations, the mobility, the trade and clearly the environment. This paper is not intended to demonstrate what is already evident, the benefits of trenchless technologies in the environmental and social areas but is more directed to determine in which cases one or another technology is better adapted to a certain type of situation and to provide, based on experience, with a matrix that indicates the first option when contemplating the application of Trenchless Technologies for new installations.

### **2. INTRODUCCION**

Uno de los mayores problemas de los proyectos de tecnología sin zanja radica en la dificultad de determinar qué tecnología se aplica en cada caso, cual utilizar, cuando es factible aplicar esta u otra tecnología y cuáles son sus restricciones. Hay proyectos de servicios que se contemplan por primera vez debido al crecimiento poblacional y densificación de un lugar y para lo cual es necesario instalar tuberías nuevas de diámetros y longitudes considerables, que con zanja tardarían mucho tiempo en ser ejecutadas. Asimismo, existen proyectos en sectores con las mismas características, que ya cuentan con tuberías para servicios instalados, pero que ya están cerca de alcanzar su vida útil, si pudiéramos mejorar sus condiciones de flujo, serían aceptables sin ser retiradas o sustituidas. Para el primer caso, existen posibilidades de instalación basadas en MPJ (Microtunneling Pipe Jacking), Horizontal Directional Drilling (HDD), Pipe Ramming, Topo o misil (para acometidas) y Tunnel Liner, entre otros. Para este trabajo, a partir de la experiencia de sus autores y de las empresas para las que trabajan, se pretende determinar un conjunto de principios básicos, establecer en qué casos puede aplicarse una Tecnología Sin Zanja (TSZ) para instalación y cuáles serán las más adecuadas, centrados en MPJ, HDD y Tunnel Liner. Si bien existen otras tecnologías de renovación o rehabilitación en el mercado, el enfoque de los autores se centra en las tecnologías más disponibles para este fin y, a su vez, son las más populares.

Con base en la experiencia, los autores han determinado una serie de requisitos, ventajas y limitaciones que cada una de las tecnologías elegidas tiene y con base de esta información, se hizo una matriz de selección. Esta matriz tiene en cuenta los datos sobre el sitio a ser intervenido, el tipo de tubería a instalar, la longitud y diámetro de la tubería a ser instalada, el espacio disponible y requerido para la ubicación del equipo de instalación, entre otros. Todos estos son factores que afectan la toma de decisiones y la aplicabilidad o no de una u otra tecnología.

Con esta información el lector puede tener una idea de lo que debe tenerse en cuenta al proponer o elegir una TSZ para instalación de tuberías, cuáles son las ventajas de cada una de ellas y cuáles son las limitaciones al ejecutar un proyecto con estas tecnologías. La toma de decisiones en proyectos de tecnología sin zanjas es un área que requiere conocimientos en el campo y este es un primer paso para la automatización de casos y sus probables soluciones.

### 3. CLASIFICACION DE LAS TECNOLOGIAS SIN ZANJA

Las tecnologías sin zanja (TSZ) se pueden clasificar en tres (3) grupos principales, las que son para la Instalación de nuevos servicios, las TSZ para Renovación y las TSZ para Rehabilitación.

En el capítulo de instalación se encuentran el Microtunneling Pipe Jacking (MPJ), la Perforación Direccional Horizontal (HDD), Pipe Ramming, Auger Boring, Topo o misil, que se usa para instalación de acometidas domiciliarias y el Tunnel Liner. Este documento se centra en la descripción de casos para MPJ, HDD y Tunnel Liner que son las TSZ para instalación más conocidas.

En el capítulo de Renovación se encuentran el Pipe Bursting, dividido en Cracking, Splitting e Eating.

Para el caso de Rehabilitación existen tecnologías como CIPP, CFL, LFL o Slip Lining, Revestimiento de ajuste apretado y recubrimientos con epóxico o poliuretanos y Recubrimientos Espirales.

A continuación, se puede apreciar lo expuesto:

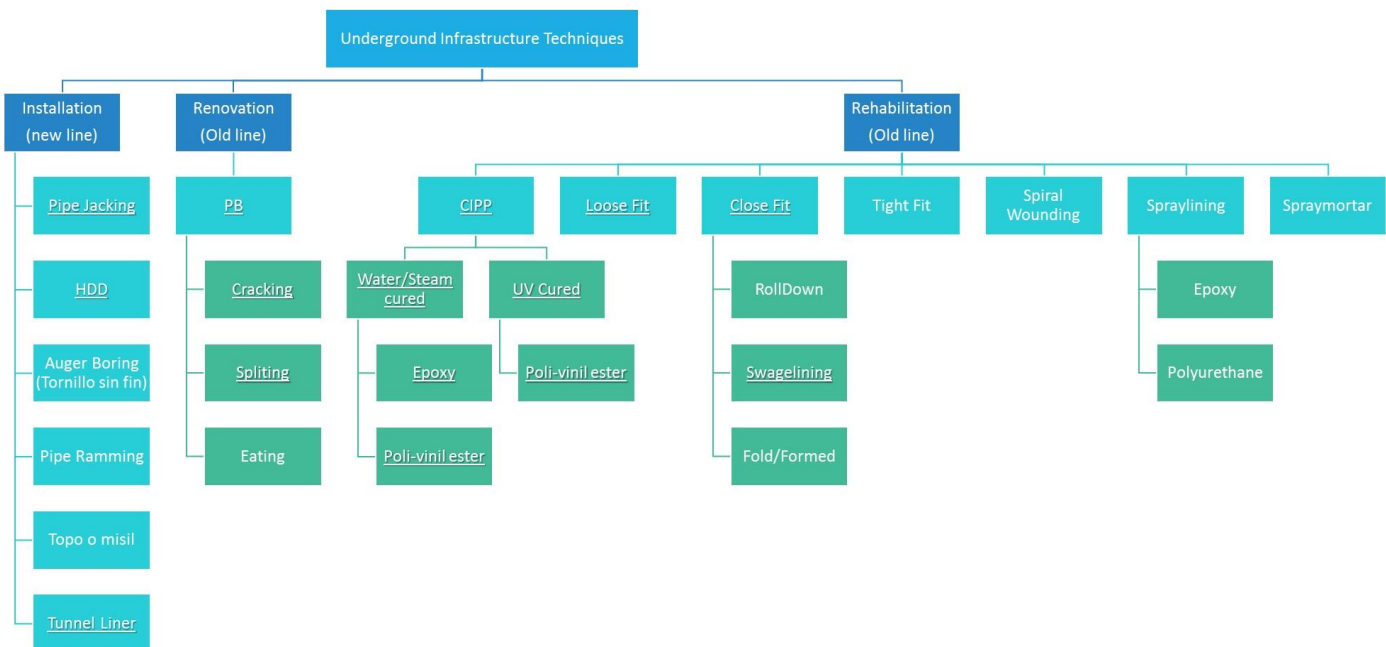


Figura 1. Clasificación General de las TSZ

### 4. DESCRIPCION GENERAL DE LAS TSZ PARA INSTALACIONES NUEVAS

**Microtunneling Pipe Jacking (MPJ):** Este es un método de instalación de tuberías, con diámetros de 1 a aproximadamente 3 m, que mediante gatos hidráulicos situados en el pozo de lanzamiento se impulsa la tubería a medida que avanza el frente de excavación. La tuneladora de lodos mantiene el frente de excavación con presión para balancear la presión del suelo y del nivel freático. Si el túnel está ubicado arriba del nivel freático se deben considerar otros métodos más económicos como Auger Boring o excavación abierta con túnel liner si las condiciones son adecuadas. La tuneladora se controla remotamente desde una cabina en la superficie y se utiliza un

láser para mantener la pendiente y dirección de la tubería. La túneladora utiliza lodos para transportar el suelo excavado a la planta de separación ubicada en la superficie. Se pueden ejecutar túneles en curvas de radio mayor a 400m utilizando tubería de concreto y un sistema de guiado de giroscopio que se ubica y avanza cerca de la túneladora. Los largos típicos son de 300 m y se recomienda utilizar estaciones de gatos hidráulicos intermedios para disminuir la carga necesaria desde el pozo de hincado.

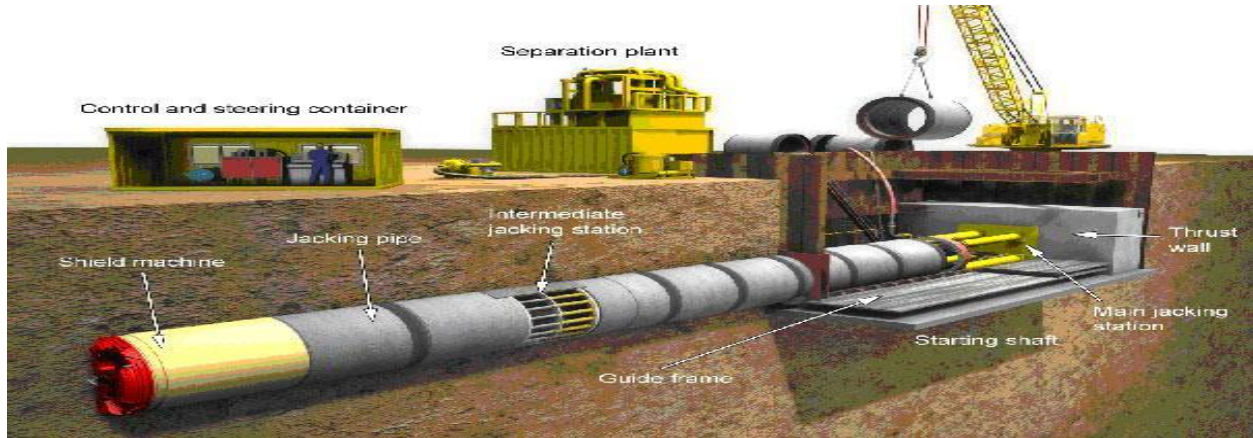


Figura 2. Descripción General MPJ.<sup>1</sup>

**Horizontal Directional Drilling (HDD): Perforación Horizontal Dirigida (PHD)** por sus siglas en español, es un método, como su nombre lo indica, orientable, para instalar tuberías, conductos o cables en un arco y tangente a lo largo de una trayectoria de perforación controlada. Es adecuado para una variedad de suelos sin bolones bajo el nivel freático. La excavación se realiza desde la superficie cruzando obstáculos como carreteras, otras tuberías y ríos o lagos. Como no se necesitan pozos, el método PHD puede ser más económico que utilizar MPJ.

El método PHD involucra la excavación de la perforación inicial guiada para establecer el alineamiento. La perforación inicial se agranda con herramientas de escariar hasta un diámetro mayor a la tubería por instalar. Se utilizan lodos para transportar el suelo excavado, mantener la excavación al diámetro excavado y reducir el calor de las herramientas de corte. La tubería de servicio se jala en la perforación preparada con el equipo de perforación desde la ubicación extrema de la perforación.

Las instalaciones típicas de PHD son de 50 a 900 mm de diámetro y en longitudes menores a 900 m. Se han instalado diámetros de hasta 165 cm y longitudes de 3,000 m por contratistas especializados. Los tipos de tubería incluyen acero, HDPE, PVC (con juntas soldadas o mecánicas) y acero dúctil con juntas mecánicas.

Otro método que combina el HDD con Auger Boring es el método Pilot Tube.

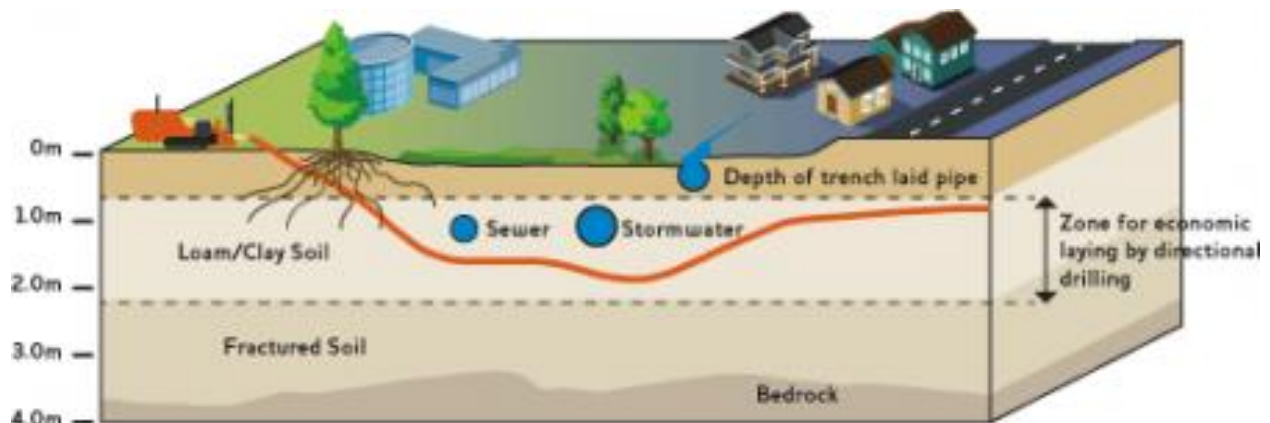


Figura 3. Descripción General HDD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> <http://www.dryingshaker.com/category/pipe-jacking-construction/>

<sup>2</sup> <https://paneltec.com.au/horizontal-drilling>

**Auger Boring:** El sinfín se utiliza generalmente para instalar tubos de acero en condiciones relativamente estables tales como arcilla mediana a dura, y arena situados por encima del nivel del agua subterránea. En algunos casos se puede utilizar el método de Auger Boring con un nivel freático hasta la corona del túnel. El proceso excava el suelo con el sinfín a medida que avanza la tubería, lo que reduce la probabilidad de asentamiento que se puede producir al sobre-excavar el frente sin avanzar la tubería. Esto ocurre generalmente con suelos muy suaves o arenas bajo el nivel freático. Una vez que se alcanza el otro extremo, se retira el tornillo sin fin y se instala la tubería de servicio. Se instala lechada en el espacio anular entre el tubo exterior y el tubo de servicio.

Los diámetros típicos de Auger Boring son de 300 a 900 mm y longitudes relativamente cortas de hasta 100m.

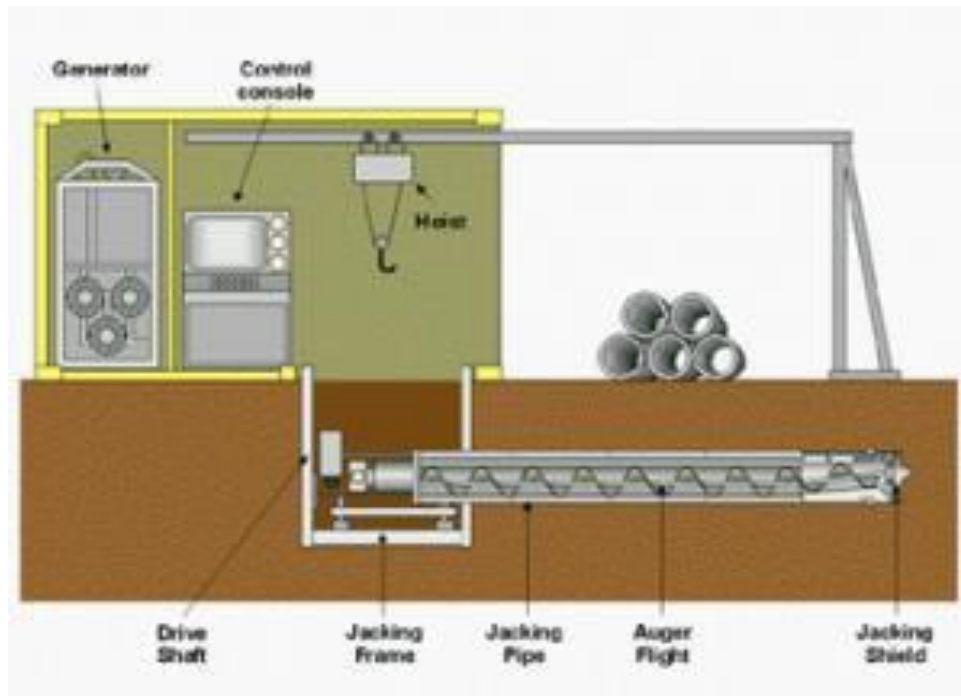


Figura 4. Descripción General del Auger Boring<sup>3</sup>

**Pipe Ramming:** Método de instalación de tubos de acero utilizados para conducirlos horizontalmente. El empuje se realiza mediante un martillo neumático o hidráulico, que golpea el tubo de acero, que penetra en el suelo sin causar alteración de los mismos. Una vez instalado el tubo, el suelo se excava del interior de la tubería. El equipo de Pipe Ramming no es guiado y pueden ocurrir desvíos en la instalación causadas por bolones u otras obstrucciones. Si se necesita controlar la gradiente de la tubería se puede instalar una segunda tubería dentro de la instalación original y se rellena con lechada de cemento el espacio anular entre los dos tubos.

El método de Pipe Ramming típicamente se usa para distancias de hasta 45 m y con diámetros de 100 a 140 mm. El método es ideal en suelos finos suaves a muy suaves. El método es más difícil en arena media a densa y arcilla dura bajo el nivel freático. Si los diámetros de los bolones son menores al diámetro del tubo es posible utilizar el Método de Pipe Ramming.

<sup>3</sup> <https://www.nodig-construction.com/stat/Trenchless%20pipe%20installation1.html>

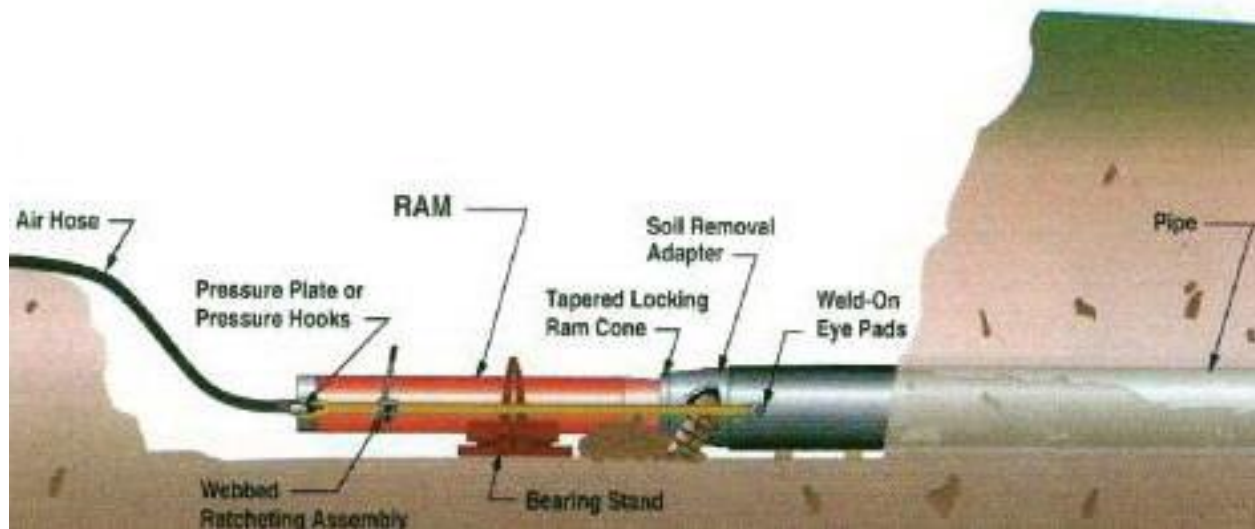


Figura 5. Descripción del Pipe Ramming<sup>4</sup>

**Topo o misil:** Tiene un principio muy similar al de Pipe Ramming, por medio de un martillo alargado se inserta con puntas intercambiables dependiendo del tipo de suelo a hincar. Se utiliza para las conexiones domiciliarias y se aplica para distancias menores de 20 m y de diámetro máximo de 110 mm.



Figura 6. Acometida domiciliar con Topo



Fig. 17 Mirilla telescópica y plataforma de arranque

**Tunnel Liner:** Consiste en una excavación manual controlada por un equipo de topografía, que a medida que avanza se soporta con un "Liner" metálico prefabricado que se arma con segmentos circulares en sitio. También se pueden utilizar vigas de acero circulares en segmentos con tabloncillos de madera entre las vigas circulares para soportar la excavación. Este método se utiliza arriba del nivel freático. En suelos inestables se puede utilizar un escudo en el frente de la excavación para proteger a los trabajadores. El escudo se empuja con gatos hidráulicos del tunnel liner ya instalado y puede tener articulación para controlar la dirección y pendiente. Dependiendo de su finalidad, este puede ser el producto final u otros tipos de tuberías o servicios se introducen en los Liners.

<sup>4</sup> <http://www.harriscivil.com.au/ramming/>



Figure 7. Metodo Tunnel Liner

## 5. CRITERIOS BASICOS PARA LA ELECCION DE TSZ PARA INSTALAR TUBERIAS

Deberían evaluarse los casos en que se apliquen las TSZ, teniendo en cuenta las condiciones técnicas, logísticas, sociales y ambientales. Las TSZ son una gran ayuda en casos específicos y deben ser cuidadosamente evaluados basados en los requisitos de diámetro, longitud, la ubicación del nivel freático, y si necesita controlar la dirección de la instalación.

El primer enfoque de estos criterios básicos para las tecnologías descritas arriba puede verse en el siguiente flujograma de decisión.

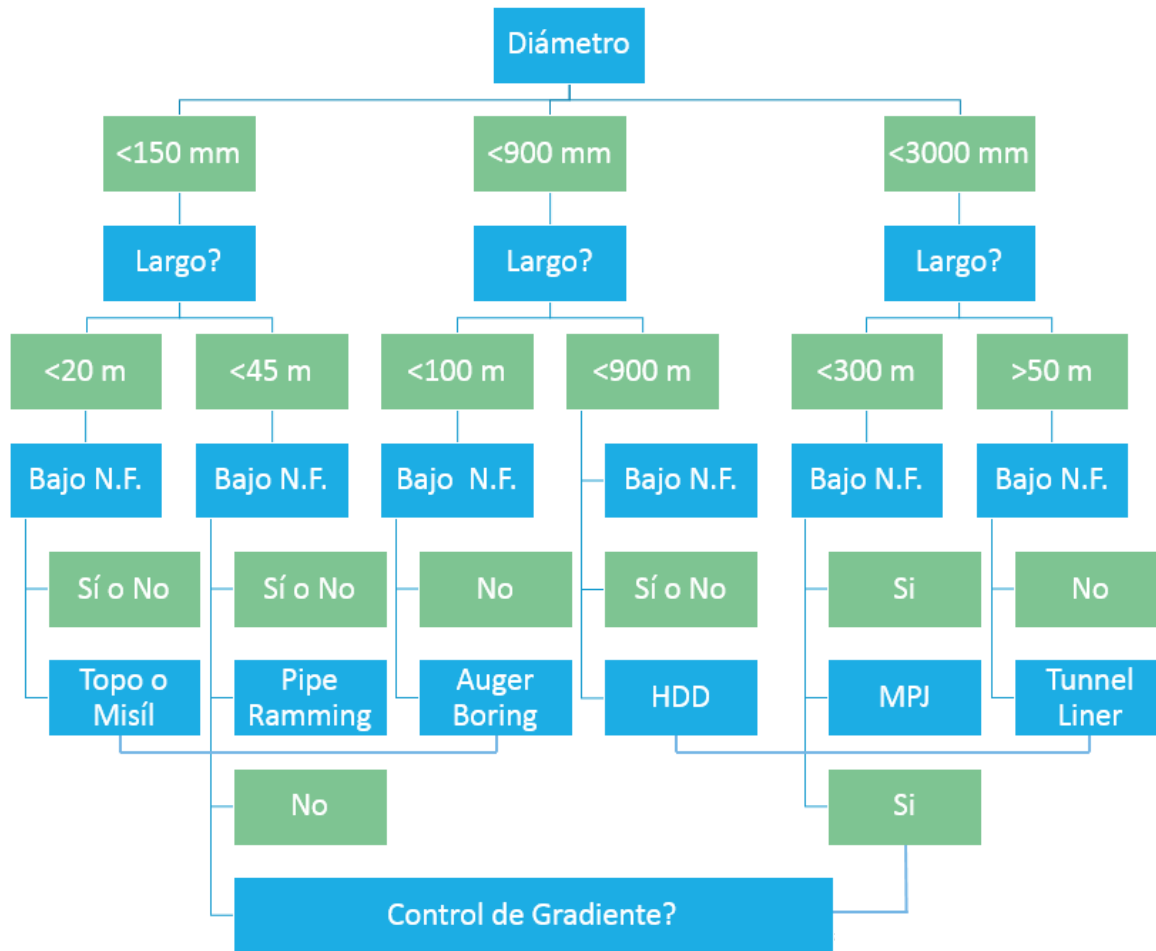


Figura 7. Flujograma para escoger método de TSZ

## 6. MATRIZ DE SELECCIÓN DE LAS TSZ

Una vez que se han determinado los criterios básicos para cada TSZ, es necesario determinar en qué casos aplica una u otra tecnología. Las condiciones físicas de la superficie, el espacio disponible para el equipo de soporte, el tipo de suelo, la ubicación del nivel freático, y el servicio a construir son sólo algunas de las variables que deben tenerse en cuenta para la definición del uso de las TSZ y que se aplica para cada caso particular.

La construcción de esta matriz se basó en el análisis de cada una de las variables que afectan la ejecución de las TSZ, específicamente en términos de diámetro y longitud, tipos de tubería y geometría de la trayectoria a construir. También es importante tener en cuenta las limitaciones de cada tecnología y es aquí donde la experiencia y el conocimiento de la técnica juegan un papel importante.

La matriz general está a continuación:

TECNOLOGIA	TIPO DE PROYECTO	DIAMETRO TÍPICO (mm)	LARGO TÍPICO (m)	TIPO DE TUBERIA	LONGITUD DE SEGMENTO (m)	POZOS INTERMEDIOS	CAMBIOS DE DIRECCION	LIMITACIONES
MPJ	SANITARIO, AGUA, A GRAVEDAD, ELECTRICO	1000 A 3000	Hasta 300	CONCRETO, ACERO, FIBRA DE VIDRIO CENTRIFUGA	3	SI	CURVAS CON RADIO MAYOR A 400 M	UTILIZADO BAJO NIVEL FREATICO
HDD	SANITARIO Y AGUA A PRESION O SIFON, ELECTRICO	50 A 900	HASTA 900	ACERO, HDPE, PVC, ACERO DUCTIL	TUBERIA SOLDADA AL LARGO TOTAL	NO	CURVAS VERTICALES LIMITADAS POR EL DIAMETRO DE TUBERIA Y/O BARRAS DE PERFORACION.	TRAMOS LARGOS A PRESION
AUGER BORING	SANITARIO, AGUA, A GRAVEDAD, ELECTRICO	300 A 900	HASTA 100	ACERO	3 A 6	SI	TANGENTE	DIAMETROS PEQUEÑOS, LONGITUD CORTA.
PIPE RAMMING	TRAMOS CORTOS, SANITARIO, AGUA, ELECTRICO	100 A 140	HASTA 45	ACERO	3 A 6	SI O EN TALUD	TANGENTE	SIN CONTROL DE DIRECCION
TOPO O MISIL	ACOMETIDAS DOMICILIARIAS	50 A 110	HASTA 20	HDPE	HASTA 20	SI	TANGENTE	DIAMETROS PEQUEÑOS
TUNNEL LINER	SANITARIO, AGUA, A GRAVEDAD, ELECTRICO. TUBERIA INTERNA A GRADO.	150 A 3000	150 O MAS	LINER PLATE, VIGAS DE ACERO CIRCULARES CON TABLONES	0.5 A 1.50	SI	CURVAS DE GRAN RADIO POSIBLES	ARRIBA DEL NIVEL FREATICO O CON POZOS DE AGUA DEBAJO DEL NIVEL FREATICO



## 7. CONCLUSIONES

- Para escoger la TSZ apropiada a nivel de ingeniería preliminar se deben tener en cuenta los parámetros y condiciones descritos arriba. Los diámetros y longitudes indicadas son aproximadas y pueden haber excepciones para cada método ya que las tecnologías están mejorando día a día.
- Cada proyecto es un caso particular, deben analizarse minuciosamente sus condiciones físicas, geológicas, urbanísticas y de ubicación para determinar la manera adecuada de ejecución y la tecnología más aplicable en cada caso.

### Referencias para Lectura Futura:

ASCE Standard 36-15 Standard Design and Construction Guidelines for Microtunneling, 2015

NASTT's Horizontal Directional Drilling (HDD) Good Practices Guidelines, D. Bennett and S. Ariaratnam, 4<sup>th</sup> Edition

Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines, Stein & Partner, Dietrich Stein, 2005