

CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Código: IP EP S 041

Revisión: 1

Vigencia: Septiembre del 2021

Sponsor: Gerencia Técnica

WSC/MPO	19.08.21	MRP/MCA	19.08.21	APA	01.09.21	
JUP	17-09-07	HUG	24-09-07	EAR / NRE	26-09-07	
Responsable	Fecha	Responsable	Fecha	Responsable	Fecha	OBSERVACIONES
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ		

El documento cambió en su Totalidad con respecto a la Revisión anterior

El único documento válido es el que figura en intranet.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 2
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

Índice y Contenido

1. Objetivo	3
2. Alcance	3
3. Responsabilidades	3
4. Definición	3
5. Contenido	4
5.1 Factibilidad técnica para proyectar un cruce con PHD	4
5.2 Consideraciones técnicas para proyectar un cruce con PHD	4
5.2.1 Cruce con PHD a través de suelos superficiales con contenido de rodados	4
5.2.2 Geometría de la PHD	4
5.2.3 Ángulos de entrada y salida de la PHD	5
5.2.4 Radio de Curvatura de diseño de la PHD	5
5.2.5 Profundidad de la PHD	5
5.3 Documentación para el Contratista	6
5.4 Documentación para TGN S.A.	6
5.5 Visita al sitio	6
5.6 Etapas principales en la realización del cruce con PHD	6
5.7 Trabajos preliminares	7
5.7.1 Construcción de caminos de accesos	7
5.7.2 Construcción del obrador sitio de máquina PHD	7
5.7.3 Obrador sitio de salida de la PHD	8
5.7.4 Construcción de la columna	8
5.8 Construcción del túnel piloto (Pilot Hole)	9
5.8.1 Guiado (Tracking)	9
5.8.2 Perforación (Drilling)	14
5.9 Rectificación del túnel (Reaming)	15
5.10 Acondicionamiento	15
5.11 Inserción (Pulling back)	16
5.12 Fluidos de perforación	16
5.12.1 Reciclado de lodo	17
5.12.2 Mantenimiento del fluido	17
5.13 Pruebas finales del cruce	17
5.14 Construcción a cielo abierto	17
5.15 Compactación final y restitución topográfica	17
6. DOCUMENTOS de referencia	18
7. ANEXO I - Estudio geotécnico	20
7.1 General	20
7.2 Recopilación de antecedentes y trabajos de gabinete	21
7.3 Reconocimiento del lugar	21
7.4 Métodos directos	22
7.5 Registros	24

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 3
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

1. OBJETIVO

El objeto del presente documento es describir cada uno de los trabajos, requisitos generales, de seguridad y gestión ambiental que se deben adoptar en cruces especiales de gasoductos que deban realizarse por medio de una “perforación horizontal dirigida (PHD)”, según se indique en la ingeniería de detalle aprobada.

2. ALCANCE

Es de aplicación en todas las construcciones de cruces de cañerías mediante la técnica “perforación horizontal dirigida (PHD)” de los gasoductos operados y/o mantenidas por TGN S.A.

3. RESPONSABILIDADES

CONTRATISTA: El Contratista deberá presentar a TGN S.A. una ingeniería de detalle de cada cruce de cañería mediante la técnica PHD que tenga en cuenta, como mínimo los lineamientos generales de la presente especificación técnica, las condiciones particulares de los trabajos a realizar y del sitio, los equipos específicos a utilizar, el personal a emplear y las medidas de seguridad y de protección del medio ambiente. El Contratista presentará la ingeniería de detalle para aprobación según se establezca en las Condiciones de Contratación. Estará a cargo del Contratista la provisión de equipos, personal calificado para la ejecución de los trabajos, consumibles y personal de seguridad necesaria.

GERENCIA TÉCNICA: Revisar, corregir y aprobar la ingeniería de detalle del Contratista; además de establecer las condiciones operativas para ejecutar los trabajos.

PROJECT MANAGER: Asegurar que las tareas se planifiquen y realicen según la ingeniería de detalle aprobada.

INSPECCION DE OBRA: Autorizar la ejecución de los trabajos. Verificar el cumplimiento de los procedimientos constructivos, procedimientos de seguridad y plan de protección ambiente, como asimismo de los requisitos de calidad, de control. Aprobar los registros.

SECCIÓN: Asegurar que el Responsable de SHYMA de la Sección haya analizado los riesgos específicos.

SERVIDUMBRE: Gestionar los permisos de paso ya sean privados o de organismos oficiales, según lo indicado en el [Procedimiento PR GD P 01 “Gestión de permisos de paso y daños”](#).

GESTIÓN AMBIENTAL (CSAS): Asegurar que las tareas se planifiquen y realicen de manera de identificar y controlar todos los peligros asociados y los posibles impactos generados por los trabajos.

4. DEFINICION

Perforación Horizontal Dirigida (PHD): Procedimiento constructivo de reciente desarrollo que permite la instalación subterránea de cañerías sin necesidad de realizar zanjas, de modo que posibilite el salvar obstáculos (cursos de agua, cañadas, calles o rutas pavimentadas, ferrocarriles, cerros, y edificaciones) que interfieran con la línea de conducción. Requiere para su ejecución la elaboración de un modelo de comportamiento que se fundamente en el entendimiento de los parámetros del subsuelo, la adecuada interpretación de la información geotécnica, y el conocimiento de las características geométricas y resistentes del ducto.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 4
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

5. CONTENIDO

5.1 Factibilidad técnica para proyectar un cruce con PHD

Para que un conducto pueda instalarse por el método de PHD deben darse una de dos condiciones en el pozo, las que dependen principalmente de las condiciones geológicas del suelo.

- 1) ***Se pueda abrir un túnel con dimensiones suficientes y mantenerse estable durante la inserción.***
- 2) ***Se consiga modificar las propiedades del suelo de tal manera que, a través de su fluidificación, permita la adecuada inserción de un caño por tracción sin comprometer la integridad estructural de la columna ni su revestimiento.***

Los límites en largo y diámetro de un cruce con PHD están acotados por la capacidad de las herramientas y barras de perforación.

5.2 Consideraciones técnicas para proyectar un cruce con PHD

5.2.1 Cruce con PHD a través de suelos superficiales con contenido de rodados

La [American Gas Association \(AGA\)](#) en su informe **PR-227-9424** indica que, para suelos con alta proporción de rodados, se tome la relación entre el peso de los mismos y la de los finos en la matriz circundante.

En aquellos suelos donde la proporción del peso de las gravas no supera el 20%, el cruce con PHD se ejecutará normalmente sin necesidad de una obra previa.

Al incrementarse la proporción de rodados o de sobrepasarse la dimensión propia de las gravas, el Contratista deberá adecuar el lugar adoptando un método constructivo o combinación de estos previamente a la ejecución de la PHD:

- 1) **Hincado de caño camisa:** se efectuará el hincado en tangente de un caño camisa con un diámetro mayor al último ensanche para atravesar en ambos márgenes la capa de rodados.
- 2) **Cementado del área:** se consolidará el área del trazado donde se encuentren los rodados con una inyección de mezcla de cemento rápido y bentonita para luego del secado y endurecimiento perforarlos con trépano.
- 3) **Remoción del material:** remoción de la capa de rodados en superficie. En los extremos de la perforación se deberá construir zanjas de ataque y de salida con rampas desde la superficie siguiendo el mismo ángulo del trazado de la perforación hasta llegar al nivel del suelo consolidado inferior.

La elección de un método constructivo o combinación de algunos de ellos, se determinará del análisis del perfil geotécnico y la topografía del lugar.

5.2.2 Geometría de la PHD

El diseño de la traza de la PHD estará compuesto por un tramo recto descendente (**AB**), un tramo curvo descendente (**BC**), un tramo recto horizontal (**CD**), un tramo curvo ascendente (**DE**), y un tramo recto ascendente (**EF**).

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		Pág.
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA		5
			de
		CODIGO: IP ES S 041	24
		Revisión 1	

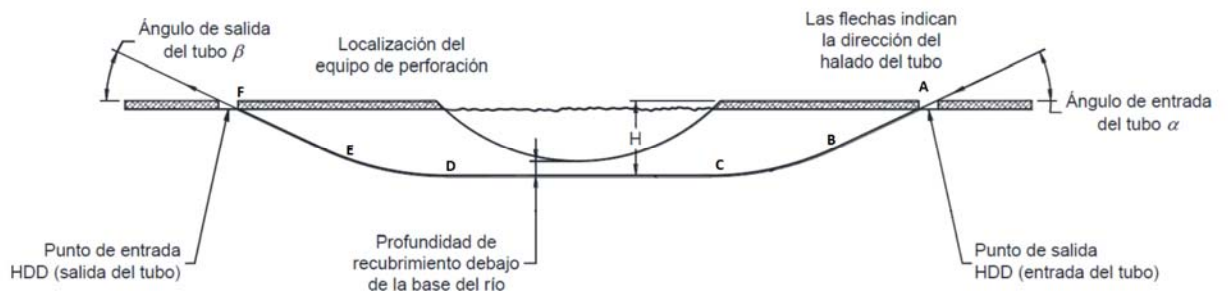


Fig. 1: Diseño geométrico de una PHD.

5.2.3 Ángulos de entrada y salida de la PHD

Los ángulos de entrada y salida de la PHD están relacionados con el radio de curvatura de la cañería a instalar y limitados por la capacidad de la máquina.

La variación angular aceptada internacionalmente para la entrada (α) y la salida (β), se encuentra comprendida entre los 8° y 20° (ver Fig. 1).

El ángulo de entrada debe facilitar la inserción de la cañería, y el ángulo de salida debe contribuir con el esfuerzo de la máquina para todas las etapas del cruce.

5.2.4 Radio de Curvatura de diseño de la PHD

El radio de curvatura que se utilizarán en el diseño de PHD se encenrarán comprendidos entre 1000 y 1200 veces el diámetro nominal de la cañería que se instalará.

No se utilizará en el diseño geométrico de una PHD un radio de curvatura menor a 1000 veces el diámetro nominal de la cañería, ya que aumentará la tensión por la flexión y la fuerza de tracción en la cañería de acero.

Los radios de curvatura presentados por el Contratista en su diseño de PHD comprendidos en el rango propuesto o superiores a este serán analizados por TGN S.A. para su conformidad según las características técnicas del proyecto, el diámetro de la cañería, espesor de las paredes, calidad del acero, características geotécnicas del terreno, y profundidad de la instalación.

5.2.5 Profundidad de la PHD

La profundidad de la PHD se define principalmente por el obstáculo que se desea cruzar y las características geotécnicas de la zona (análisis del perfil geotécnico). Otra consideración importante que se tendrá en cuenta para determinar la profundidad de la PHD es el riesgo de una "fracturación hidráulica" que puede producirse debida a la presión del fluido de perforación (asentamiento o levantamiento de la superficie). Por lo antes referido, **los comités internacionales de PHD indican una tapada mínima de 4,6 m (15 pies) de separación debajo del obstáculo, y recomiendan 7,6 m (25 pies) como distancia de separación estándar.**

Cabe señalar que el valor de tapada mínima de instalación se definirá en la ingeniería básica elaborada por TGN S.A., habiéndose considerado las indicaciones anteriores, y exigencias técnicas de entes nacionales o provinciales (Vialidades, Recursos Hídricos,

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 6
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

etc.) para la instalación de una cañería por debajo de un camino (acceso, ruta y autopista) o curso de agua (canal, bañado, arroyo y río).

5.3 Documentación para el Contratista

Para realizar la ingeniería de detalle y la construcción del cruce de una cañería con PHD, el Contratista contará con la siguiente documentación:

Ingeniería básica: TGN S.A. elaborará una ingeniería básica (memoria descriptiva, plano planialtimétrico, instructivos, especificaciones y procedimientos técnicos) del cruce que entregará al Contratista donde se detallan las particularidades de la instalación con PHD; las condiciones de operación de la línea; características y calidad de la cañería a instalar; descripción del lugar; relevamiento topográfico y batimetrías; instalaciones propias y de terceros, el alcance de los trabajos, entre otros, para consideración del Contratista en la elaboración de una ingeniería de detalle.

Permisos y autorizaciones: TGN S.A. gestionará todos los permisos de paso y autorizaciones medioambientales, ya sean privados o de organismos oficiales que correspondieran para la habilitación de los trabajos. Los mismos estarán basados en la traza prevista en la ingeniería básica.

5.4 Documentación para TGN S.A.

Para la aprobación y construcción del cruce de una cañería con PHD, el Contratista deberá presentar a TGN S.A. la siguiente documentación:

Ingeniería de detalle: El Contratista deberá realizar la ingeniería de detalle y presentar a TGN S.A. para su aprobación. La misma estará constituida por memoria descriptiva y procedimiento particular de acuerdo a la máquina y equipos auxiliares a utilizar; procedimientos operativos y procesos de obra, estudio de suelos (ver **Ítem 7**), cálculo de socavación de lecho y erosión de costas (según [Procedimiento GT CR P 02 “Cruces de Ríos y Arroyos- Elaboración de la Ingeniería de Reparación”](#)), memoria de cálculo del cruce (tensiones en la cañería y tracción resultantes); planialtimetría completa del cruce (perfil topográfico, perfil geotécnico, trazado definitivo del cruce, georreferenciación, progresivas, cotas IGN, tapadas, puntos de conexión, puntos de entrada y salida de la PHD, interferencias, etc.), documentos para la construcción de la columna (uniones soldadas, calificación de soldadores, aplicación de revestimientos, control de revestimientos (END), reparación de fallas, prueba hidráulica, barrido y secado, izaje, etc.), programas de protección y monitoreo ambiental.

5.5 Visita al sitio

El Contratista y/o ejecutor de la PHD junto con personal de TGN S.A. realizarán una visita al lugar del cruce para inspeccionar la zona, registrar obstáculos, visualizar el emplazamiento del trazado propuesto y la evaluación de los accesos a ambos lados del cruce.

5.6 Etapas principales en la realización del cruce con PHD

Las etapas principales genéricas de la construcción de un cruce dirigido son las siguientes:

- Preparación de los caminos de acceso y sitios de trabajo (**Punto 5.7.1**).
- Construcción de las líneas de caños sobre el lado de salida desfiladas sobre rodillos listos a insertar (**Punto 5.7.4**).

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 7
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- Montaje de la máquina de perforación (**Punto 5.7.2**).
- Construcción del túnel piloto (**Punto 5.8**).
- Rectificación del túnel (**Punto 5.9**).
- Acondicionamiento del túnel (**Punto 5.10**).
- Inserción del caño (**Punto 5.11**).
- Pruebas finales del cruce (**Punto 5.13**).
- Desmovilización del equipo al concluirse el trabajo
- Recomposición del sitio y disposición de lodos (**Punto 5.15**).

5.7 Trabajos preliminares

Antes de que se pueda trasladar el equipo de perforación a la obra el Contratista deberá preparar al sitio de trabajo en ambos lados del cruce y los caminos de accesos:

5.7.1 Construcción de caminos de accesos

Construcción de los caminos de acceso a las bases de trabajo a cada lado del cruce. Considerar una carga de 11 Toneladas / eje para dimensionar los caminos. Para condiciones de suelos húmedos o encharcados será necesario construir una base de 20 cm de suelo-cal (3 % en peso del suelo) y por encima de ella una capa con grava o ripio (espesor 5 cm.).

5.7.2 Construcción del obrador sitio de máquina PHD

Locación de acometida: El sitio de emplazamiento de la máquina de perforación se determinará a partir de la ubicación del punto del “pozo de ataque de la PHD”. Este punto en el terreno deberá estar claramente indicado y georreferenciado (ver [Procedimiento IP EZ P 004 “Georreferenciación de eventos para proyectos”](#)).

Se realizará un trabajo de agrimensura completo de los sitios de la máquina, servicios auxiliares, oficinas, sanitarios, comunicaciones, etc., y se señalizarán los puntos relevantes para la construcción de estos.

El sitio de trabajo para la máquina de perforación será del orden de 30 m por el eje de la traza por 20 m en el sentido cruzado de la misma, como mínimo.

El solado del obrador de perforación deberá ser nivelados a cero, compactado y recubierto con canto rodado, granza o leca a una profundidad de aproximadamente 25 cm de forma tal que permitan las operaciones de producción y logística aún en los días de lluvia.

Anclajes: Se construirán y/o instalarán los anclajes de H°A° o acero para la máquina de PHD.

Pileta de Recortes: Detrás del equipo reciclador, se instalará una pileta de estériles (dimensiones según la necesidad del proyecto).

Pileta de agua: En cercanías del equipo mezclador de lodos se deberá construir una pileta con su correspondiente cubrimiento de agropol para el almacenamiento de agua (dimensiones según la necesidad del proyecto).

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 8
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

5.7.3 Obrador sitio de salida de la PHD

Locación de recepción: El sitio de emplazamiento del obrador de salida de la PHD se determinará a partir de la ubicación del punto del “pozo de inserción de la cañería”. Este punto en el terreno deberá estar claramente indicado y georreferenciado (ver [Procedimiento IP EZ P 004 “Georreferenciación de eventos para proyectos”](#)).

En esta posición para ejecutar la operación de inserción, valen todas las consideraciones del punto anterior, aunque en este caso el obrador tendrá 15m x 20m como mínimo, a cuya continuación, en el eje longitudinal a las trazas se limpiará y nivelará una pista de 60m x 4m en la cual trabajará un tiende tubos de apoyo. En esta pista bastará con que esté compactada, aplanada, pero sin relleno. A continuación de dicha pista se abrirá una picada de la longitud de la columna a construir, sobre la cual se colocarán los rodillos para el eventual desfilado de los caños.

Pileta de barro: Sobre esta margen, será necesario construir la pileta de barro (dimensiones según la necesidad del proyecto).

5.7.4 Construcción de la columna

Se deberá construir la columna de cañerías en su totalidad, la que debe ser probada antes de que se inicien las tareas de perforación y a tiempo para conectarlas para su inserción por tiro. Típicamente estas tareas consisten en:

- Limpieza y preparación de la pista según [Instructivo IP EP I 005 “Apertura de pista y zanjeo”](#) y [Especificación IP EC S 001 “Movimiento de suelos”](#).
- Desfilado de caños, soldarlos, rayos X y reparación, según los documentos [Especificación IP EP S 023 “Soldadura de Gasoductos y Ramales”](#), [Especificación IP EP S 032 “Aplicación de ensayos no destructivos en construcción de gasoductos y ramales”](#) e [Instructivo IP EF I 005 “Adecuación del revestimiento para reparación de gasoductos”](#).
- Protección de uniones soldadas con mantas según [Instructivo IP EF I 004 “Aplicación de Revestimiento Anticorrosivo para Uniones Soldadas”](#) y la [Especificación IP EF S 008 “Revestimiento anticorrosivo para uniones soldadas”](#).
- Prueba hidrostática pre-inserción (prueba de resistencia de mínimo 4 horas) según [Especificación IP EP S 029 “Prueba hidráulica de cañería de línea”](#).
- Secado y calibración.
- Colocación sobre rodillos (distanciamiento entre rodillos 12 m).
- Remover cabezales de prueba.
- Proveer y soldar cabezal de tiro.
- Aportar soporte en el punto de inserción para formar cuello de cisne y sostener punta del caño durante la inserción considerando el [Procedimiento SM IZ P 01 “Izamiento y Elevación”](#).

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 9
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- Instalar estación prueba Holiday para detección de fugas y reparación durante inserción según los [Instructivos IP EF I 002 “Aplicación de revestimiento para cañerías e instalaciones metálicas”](#) e [Instructivo IP EF I 005 “Adecuación del revestimiento para reparación de gasoductos”](#).

Una vez concluido con los pasos sucesivos de apertura y calibrado del túnel y habiéndose pasado el chanco para su acondicionamiento se iniciará el proceso de inserción.

La columna será desfilada y soldada en el eje del cruce, hacia atrás del pozo de inserción, montada sobre rodillos y con las juntas soldadas cubiertas por mantas termocontraíbles con imprimación epoxy y cierres de seguridad para PHD según se detalla en la [Especificación IP EF S 008 “Revestimiento anticorrosivo para uniones soldadas”](#).

Durante la inserción el caño deberá ser asistido por un tiende tubos con bicicleta colgante o una cuna de apoyo que permita la formación del cuello de cisne en la boca de inserción, a la vez otro tiende tubos deberá sostener y acompañar la punta de atrás para evitar que arrastre por el suelo durante el deslizamiento.

Durante la inserción por tiro se establecerá un puesto de control del aislamiento del caño antes del cuello de cisne que forma antes de su entrada en el túnel. En ese puesto el caño pasará por un equipo “holiday” para detección de fugas y se contará con materiales de reparación in situ para corregir todo desperfecto que pueda detectarse.

5.8 Construcción del túnel piloto (Pilot Hole)

5.8.1 Guiado (Tracking)

Para asegurar la construcción precisa del túnel piloto se deberá utilizar un sistema de guiado de navegación radioeléctrico que permita conocer con precisión la localización del cabezal de perforación. Para esto, se le coloca en su interior o junto a ella una sonda que emite señales que se recogen en superficie.

Conforme avanza la perforación del túnel, un sistema informático calculará y graficará al trazado real, pudiéndose introducir aquellas modificaciones de diseño que demanden interferencias imprevistas.

Los sistemas de guiado reconocidos internacionalmente para los cruces de cañerías con PHD son: “Walk-Over” (5.8.1.1), “Wire-Line” (5.8.1.2) y “Girocompás” (5.8.1.3).

Para los de cruces de cañerías con PHD de TGN S.A. se acepta el uso de los sistemas “Walk-Over” y “Wire-Line”; la elección de uno u otro dependerá de la evaluación del alcance del sistema y características del proyecto.

A continuación, se describen las características, aplicación y precisión de cada sistema de guiado:

5.8.1.1 Sistema “Walk-Over”

Concepto: Se emite una señal electromagnética desde un transmisor a batería que se instala inmediatamente detrás del cabezal de perforación. Esta señal se recibe mediante dispositivo receptor que cuenta con una antena operada desde la superficie por una persona que sigue el avance de la perforación.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 10
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

Por regla general, la antena del dispositivo receptor rastrea el avance del cabezal de perforación bajo tierra y le permite al operador localizar el transmisor que determina la posición lateral y profundidad de la herramienta de perforación.

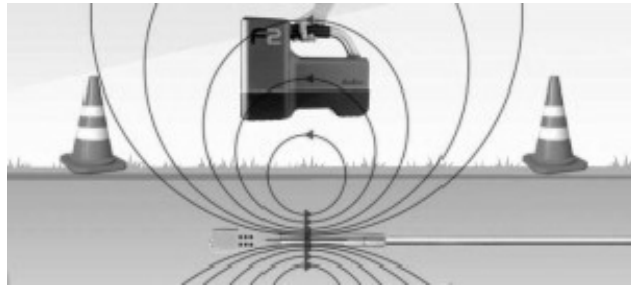


Fig. 2: Sistemas de localización “Walk-Over”.

Aplicación: El sistema “Walk-Over” es muy utilizado en la PHD, sobre todo en trabajos pequeños y medianos cuya **profundidad máxima del eje de la perforación se encuentre a unos 7.00 m. bajo la superficie del suelo, posibilitando de este modo la instalación de una cañería con una tapada aproximada no menor a 6.50 m.**

No podrá utilizarse este sistema de guiado en cruces de PHD donde la profundidad del eje de la perforación supere los 7.00 m.

Precisión: La calidad de la transmisión de datos depende, entre otras cosas, de la profundidad de la sonda bajo la superficie del terreno, la conductibilidad de las capas terrestres presentes, la inclinación del transmisor, la estabilidad del receptor, las influencias externas de campos electromagnéticos en la línea de perforación, así como la capacidad de energía real de las baterías utilizadas.



Fig. 3: Sistemas de localización de PHD DigiTrak: Sonda transmisora y Pantalla remota.

Como valor de referencia para la precisión de una medición con la utilización de este sistema, se puede suponer una disminución de aproximadamente el 10% a partir de una profundidad de 5,00 m. Con la inclinación de la sonda de medición en segmentos ascendentes y descendentes del pozo, este valor puede variar en +/- 50 cm.

Para poder realizar con éxito una perforación con un sistema de medición “Walk-Over”, se debe contar con un perfil topográfico preciso por encima del eje de perforación planificado. Los valores medidos se pueden integrar con el perfil del terreno registrado y ajustar el curso de la perforación. De esta forma se puede documentar el curso real de la perforación.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 11
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

Ventajas: Es un sistema en el cual no hay conexiones de cables, que son laboriosas y propenso a cortes, conexiones deficientes, etc. Aparte de esto, el funcionamiento del sistema de medición es relativamente simple y rápido de aprender. Es un sistema topográfico de bajo costo.

Desventajas: La desventaja de este sistema es la precisión de las mediciones que se reduce en gran medida con la profundidad de perforación, así como su propensión a la interferencia de influencias magnéticas del sustrato o debido a otros campos magnéticos. Además de esto, las reservas de energía que están limitadas por la capacidad de la batería, pueden considerarse como una desventaja para los grandes cruces.

5.8.1.2 Sistema “Wire-Line”

Concepto: El sistema “Wire-Line” es muy adecuado para la construcción precisa del túnel piloto. Utiliza el método de guiado electromagnético de alta resolución **PARATRACK-2** de Vector Magnetics. El sistema primario consiste en una sonda transmisora que opera dentro del pozo, colocada en el monel no magnético porta sonda no magnético de la sarta de perforación. La sonda contiene inclinómetros, magnetómetros y acelerómetros que aportan datos sobre la inclinación, el azimut con respecto al norte magnético y a la grilla goniométrica y la posición de la herramienta de perforación con respecto al dial del reloj. Los datos se transfieren en forma continua al puesto de control por medio de un cable impermeable que se enhebra a través de las barras al ir progresando la perforación.



Fig. 4: Sistema de Alta Resolución PARATRACK-2.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 12
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24



Fig. 5: Sondas radioemisoras.

La profundidad, distancia en horizontal, desarrollo de la perforación y posibles desviaciones laterales del trazado son calculados en superficie por medio de un ordenador que recibe los datos desde la sonda.

Para compensar los campos magnéticos interferentes, es necesario utilizar el sistema complementario **TRU-TRACK**. Consiste en la creación de un campo magnético en superficie generado a lo largo del trazado por medio de una grilla goniométrica (recuadro de cables eléctricos tendidos en forma paralela y a distancias predeterminadas del trazado). El tendido inducido por una corriente continua, al alternar su polaridad, permite por triangulación con la sonda del sistema primario, fijar posiciones exactas en el avance del túnel y graficar el trazado real en comparación con el trazado de diseño.

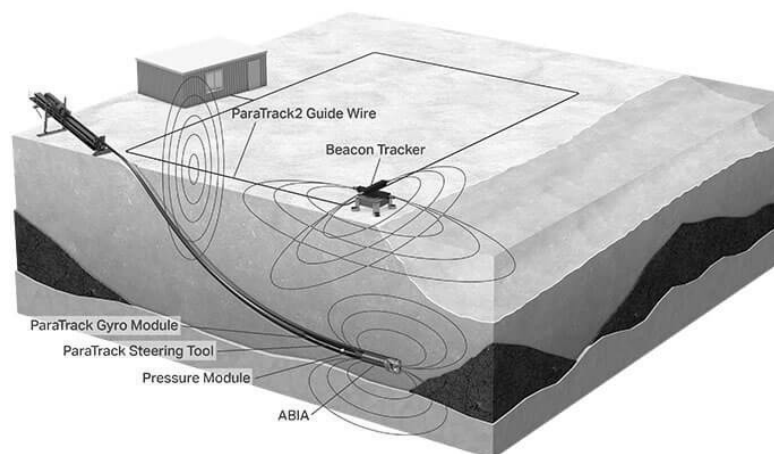


Fig. 6: Implementación del Campo Magnético Artificial TRU-TRACK.

Aplicación: A veces resulta complicado seguir en superficie al transmisor, como por ejemplo en un gran curso de agua, vía de comunicación de alto tránsito vehicular, edificaciones o instalaciones superficiales importantes.

Este sistema de medición se aplica principalmente a plataformas de perforaciones largas y prácticamente para todos los rangos de profundidad.

Precisión: Para llevar a cabo con éxito una perforación piloto con el sistema de medición

El documento cambió en su Totalidad con respecto a la Revisión anterior
El único documento válido es el que figura en intranet.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 13
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

“Wire-Line”, la sonda de medición debe calibrarse exactamente antes de que comience la perforación. Las coordenadas y cotas de los puntos de entrada y salida deben conocerse con precisión, ya que ambos puntos son de referencia para la grilla goniométrica.

Como valores de referencia para la precisión de medición del sistema PARATRACK-2, cuando se utiliza el dispositivo artificial campo magnético TRU-TRACK, los valores de mediciones laterales y verticales son aproximados +/- 2,00 cm. por cada 1,00 m. de profundidad vertical del pozo (+/- 2%).

Ventajas: En teoría, no hay límite de profundidad de la línea de perforación y el suministro de energía a la sonda de medición se realiza a través del cable; además, la información está disponible continuamente y la transmisión de los valores de medición no son propensos a perturbaciones porque existe la posibilidad de anular el efecto de campos magnéticos y eléctricos cuando se atraviesan elementos que interfieren las señales.

Desventajas: La sonda de medición es muy sensible a los campos magnéticos ocasionados por interferencias a la traza de la perforación (ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc.) y pueden alterar las mediciones de forma crítica.

5.8.1.3 Sistema “Girocompás”

Concepto: Otro sistema, denominado “girocompás”, utilizan la magnetometría para la localización; estos giroscopios trabajan independientemente del campo magnético terrestre y por tanto determinan de forma precisa la dirección del eje de perforación.

Aplicación: Con perforaciones que deben realizarse en áreas con fuertes campos magnéticos, el uso de una brújula giroscópica se está considerando cada vez más.

Las brújulas giroscópicas funcionan independientemente del campo magnético terrestre y, por lo tanto, pueden independiente de las condiciones ambientales determinar la dirección con mucha precisión de un eje de taladro.

Ventajas: El sistema “Girocompás” permite encontrar el verdadero norte según lo determinado por la rotación de la Tierra (Es diferente y más útil que el norte magnético), no se ve afectado por materiales ferromagnéticos (rocas de origen volcánico o elementos y cañerías metálicas), y permite guiar con precisión debajo de grandes espejos de agua.

Desventajas: Este dispositivo es muy sensible a las cargas mecánicas (golpes, grandes vibraciones, etc.). Aparte de esto, la práctica ha demostrado que las brújulas giroscópicas son instrumentos de precisión donde el éxito de su uso depende decisivamente de la calificación del personal operativo. El costo para adquirir este equipamiento es mucho mayor que el de los sistemas anteriores.

5.8.1.4 Campos de utilización de los sistemas de navegación

La siguiente tabla resume los diferentes procedimientos de navegación con detalles de los campos de utilización:

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 14
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

Sistemas de Navegación		Profundidad máxima de Perforación	Accesibilidad del suelo por encima del eje de perforación necesario	Interferencia debida a campos magnéticos
Walk-Over		7.00 m	Si	Si
Wire-Line	Sin campo magnético artificial	> 100 m	No	Si
	Con campo magnético artificial	30 m	Si	Ligero
Girocompás		>100 m	No	No

5.8.2 Perforación (Drilling)

La perforación se ejecutará con un ensamble de fondo que consiste en:

- Un trépano tricono de 9.5/8" con sistema hidrocínético
- Una pieza de orientación (bent sub)
- Un monel de 6.1/2" no magnético de 9.5" MT de largo
- Una sonda transmisora de datos



Fig. 7: Trépano tricono con sistema hidrocínético.

El trépano tricono de 9.5/8" trabajará con rotación impulsada desde la máquina y por chorro hidrocínético de lodo, se utilizará a efectos de trabajar el suelo por jetting. Durante la perforación se aportará lodo bentonítico a presión constante para condicionar al túnel, refrigerar la herramienta que está trabajando y mediante el poder gelificante del lodo extraer hacia las zanjas de operación los recortes del terreno que se está perforando.

Se bombearán entre 1000 y 1200 lts. de lodo por minuto que circularán en circuito cerrado regresando a una zanja de barro de aproximadamente 40 m³, para desde allí pasar al sistema de filtrado y recirculación a la máquina.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		Pág.
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA		15
			de
		CODIGO: IP ES S 041	24
		Revisión 1	

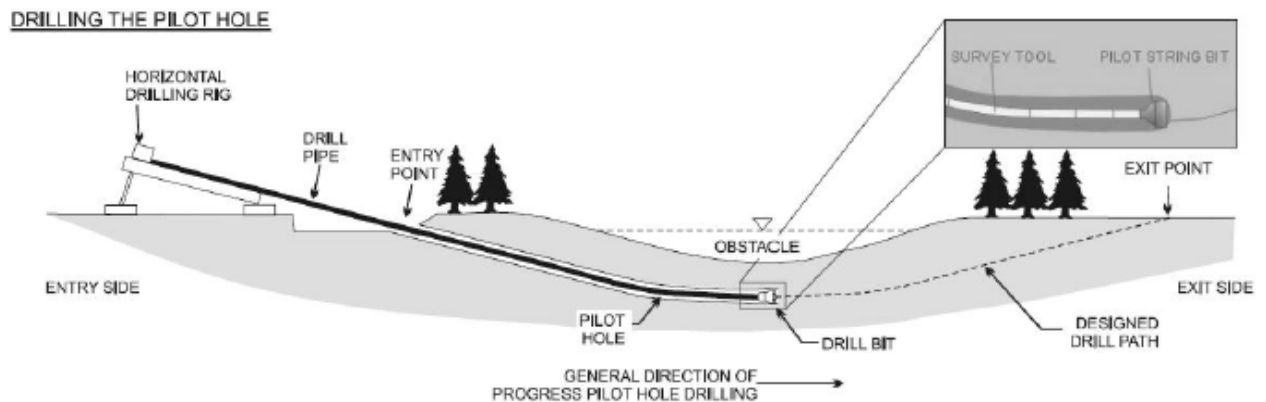


Fig. 8: Construcción del túnel piloto (pilot hole).

5.9 Rectificación del túnel (Reaming)

En esta etapa, ya perforado el túnel piloto y con el tren de barras adentro del mismo se cambia el tren de fondo por cortadores en diámetros mayores sucesivos de 16"/24"/30"/36" con formas adecuadas al terreno a rectificar y se procede a tirar desde la máquina abriendo en cada paso al túnel existente a una medida superior. A su vez se van colocando nuevas barras de perforación por detrás de cada herramienta de manera que cuando esta llegue al pie de la máquina, haya un nuevo tren de barras montado adentro del túnel. Esto permitirá el pasaje de otro ensanchador de diámetro superior y de esta manera por pasajes sucesivos **se logrará la rectificación hasta un diámetro entre un 30% y 33% superior al del caño a insertar ($\varnothing_c + 12"$)**.

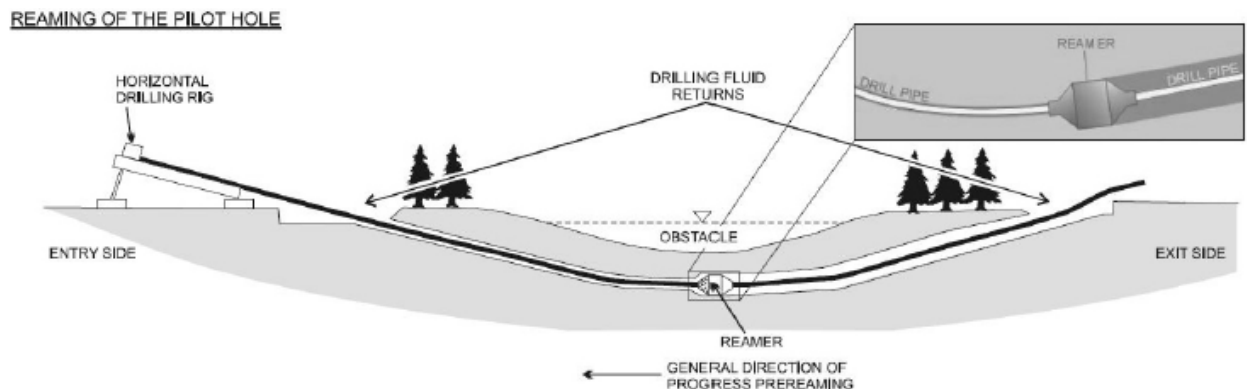


Fig. 9: Ensanche del túnel piloto (reaming of the pilot hole).

El tipo de suelo del cruce determinará la elección de los ensanchadores, los que pueden ser: **cortadores abiertos o anulares, ensanchadores de corona con insertos o dientes, y/o ensanchadores cónicos**.

5.10 Acondicionamiento

Esta etapa consiste en un pasaje adicional con "**chancho calibrador**" o del último rectificador pasado, mientras se bombea gran cantidad de lodo a efectos de asegurar el lavado del túnel y el acondicionamiento de las paredes.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		Pág.
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	CODIGO: IP ES S 041	16
		Revisión 1	de 24

5.11 Inserción (Pulling back)

Es la etapa final del trabajo, en la cual se toma el caño por medio de un cabezal de tiro y se lo conecta a través de un acoplamiento giratorio al tren de barras de manera de insertar el caño por tiro dentro del túnel sin que el mismo gire.

Debido a que durante la totalidad del proceso se inyecta bentonita en una cantidad mínima de cuatro veces el volumen final del túnel, se crea una presión positiva de lodo que además de limpiar el túnel ejecutado, permite que la inserción sea suave ya que el caño se traslada flotando en un lecho bentonítico con mínimo esfuerzo de tracción.

En toda esta etapa, tiendetubos (side boom) posicionados frente al pozo de ingreso en fila única sostendrán la cañería formando con ella un “cuello de cisne” para facilitar la inserción logrando el ángulo de ingreso necesario. Esta tarea se realizará según el [Procedimiento SM IZ P 01 “Izamiento y Elevación”](#).

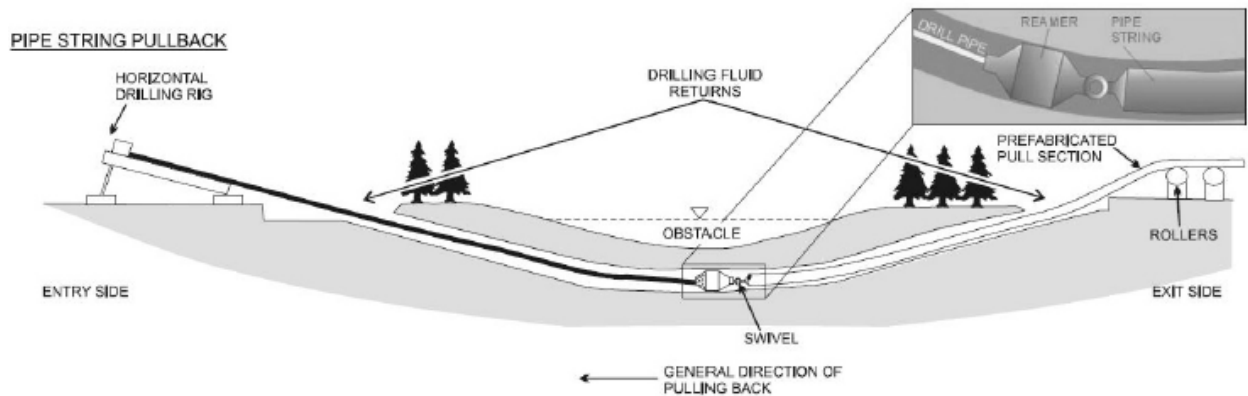


Fig. 10: Inserción y tracción de la cañería (pipe string pullback).

Velocidad recomendada para insertar cañerías de diámetros $\varnothing < 36''$: 2,00 m./min.

Velocidad recomendada para insertar cañerías de diámetros $\varnothing \geq 36''$: 1,50 m./min

5.12 Fluidos de perforación

Todos los fluidos de perforación utilizados durante el trabajo serán lodos bentoníticos en base a agua, medio ambientalmente seguros y biodegradables. Las funciones principales de los fluidos, son:

- Lubricar el sondeo
- Remoción de sólidos
- Refrigeración del sistema de guiado y de las herramientas
- Sellado de la pared del túnel
- Estabilización del pozo
- Medio para flotación del caño

Preparación de fluido de perforación:

El documento cambió en su Totalidad con respecto a la Revisión anterior
El único documento válido es el que figura en intranet.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 17
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- Hidratación de bentonita en agua dulce en una concentración de 57 Kg/m³.
- Adición de soda solvay para elevar el PH. del agua a 9 así logrando la dispersión de la bentonita elevando su rendimiento viscosidad de 60 a 70 seg.
- Agregado de polímeros biodegradables ecológicamente aceptables para facilitar el encapsulado de las partículas de arcilla y construcción de la pared del túnel.

El Contratista presentará para su aprobación las fichas técnicas de la bentonita, aditivos y demás productos que se utilizarán durante la PHD.

5.12.1 Reciclado de lodo

Debido a la gran cantidad de lodo bentonítico necesario para la operación los retornos de barro son reenviados a una planta de tratamiento donde se procede a la separación de los residuos estériles por medio de zarandas y a su reciclado por medio de conos de filtrado para su nuevo aprovechamiento. A tal efecto, se instalará un sistema de captación que a través de una tubería colocada en superficie bombeará a los barros de retorno a la planta de reciclado próximo a la máquina.

5.12.2 Mantenimiento del fluido

Se instalará un laboratorio de campo, para el análisis reológico de fluidos de perforación con sus registros correspondientes. Durante el curso de la obra se efectuarán análisis periódicos sobre el lodo de retorno al túnel según cuyos resultados se irán introduciendo nuevas cargas de bentonita y polímeros para así mantener las condiciones geológicas requeridas para cada etapa.

5.13 Pruebas finales del cruce

Completada la inserción por tiro hasta el pie de la máquina, se desprenderá el cabezal de tiro para ejecutar las “pruebas de calibre” según [Especificación IP EP S 026 “Curvado en frío de cañería”](#), “prueba hidráulica de la cañería instalada” según [Especificación IP EP S 029 “Prueba hidráulica de cañería de línea”](#), y “prueba de aislación eléctrica (PAE)”, según indica el [Instructivo IP EF I 016 “Prueba de aislación eléctrica de gasoductos y cañerías enterradas”](#).

Estas pruebas deben ser ejecutadas de inmediato al terminar la inserción y no más allá de las 24 horas.

5.14 Construcción a cielo abierto

Los tramos de aproximación y empalme se construirán a cielo abierto con cañerías curvadas en frío como indica la [Especificación IP EP S 026 “Curvado en frío de cañería”](#), según la necesidad del proyecto.

5.15 Compactación final y restitución topográfica

El Contratista proveerá los floculantes para facilitar la decantación de sólidos en las piletas. Una vez efectuado la floculación de los recortes y lodos remanentes retirará los fluidos en camión cisterna atmosférico para su disposición final. Serán tratados como residuo industrial y por lo tanto serán transportados a un Centro de Tratamiento de Residuos Industriales.

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 18
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

El remanente de recortes húmedos y barros que queda en las piletas se dispondrán en el lugar, entremezclando dichos semisólidos al medio ambiente, a través de su laboreo con los suelos circundantes, tapando, compactando y nivelando las piletas.

Se efectuará la compactación final restituyendo la tierra vegetal que haya sido separada previamente según [Instructivo IP EC I 001 “Limpieza y restauración de pista”](#).

Serán restituidos los caminos, alambrados y perfiles del terreno que existían al inicio de las obras en el área de trabajos.

6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Norma **NAG 100 “Normas argentinas mínimas para el transporte de gas natural y otros gases por cañerías”**
- Norma **NAG 153 “Normas argentinas mínimas para la protección ambiental en el transporte y la distribución de gas natural y otros gases por cañerías”**
- Resolución 186/ 95 “Guía prácticas recomendadas para la protección ambiental durante la construcción de gasoductos”
- **FEDERAL ENERGY REGULATORY COMMISSION - Guidance for Horizontal Directional Drill Monitoring, Inadvertent Return Response, and Contingency Plans (2019)**
- Procedimiento **GT CR P 02 “Cruces de Ríos y Arroyos- Elaboración de la Ingeniería de Reparación”**
- Procedimiento **IP EZ P 004 “Georreferenciación de eventos para proyectos”**
- Instructivo **IP EP I 005 “Apertura de pista y zanjeo”**
- Especificación **IP EC S 001 “Movimiento de suelos”**
- Especificación **IP EP S 023 “Soldadura de Gasoductos y Ramales”**
- Especificación **IP EP S 032 “Aplicación de ensayos no destructivos en construcción de gasoductos y ramales”**
- Instructivo **IP EF I 005 “Adecuación del revestimiento para reparación de gasoductos”**
- Instructivo **IP EF I 004 “Aplicación de Revestimiento Anticorrosivo para Uniones Soldadas”**
- Especificación **IP EF S 008 “Revestimiento anticorrosivo para uniones soldadas”**
- Instructivos **IP EF I 002 “Aplicación de revestimiento para cañerías e instalaciones metálicas”**

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 19
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- Especificación **IP EP S 026** “Curvado en frío de cañería”
- Instructivo **IP EC I 001** “Limpieza y restauración de pista”
- Manual **SM SP M 01** “Manual de Seguridad y Prevención de Accidentes”
- Manual **SM AM M 01** “Manual de Procedimientos Ambientales”
- Procedimiento **PR GD P 01** “Gestión de Permisos de paso y daños”
- Instructivo **SM RE I 02** “Gestión de residuos en Obras”
- Procedimiento **SM RE P 01** “Gestión de Residuos”
- Procedimiento **SM EX P 01** “Excavaciones”
- Procedimiento **SM IZ P 01** “Izamiento y Elevación”
- Procedimiento **SM PT P 03** “Permiso de Trabajo Seguro (PTS)”
- Procedimiento **SM PE P 03** “Inspección para Detección de Perdidas de Gas”
- Especificación **IP EP S 029** “Prueba hidráulica de cañería de línea”
- instructivo **IP EF I 016** “Prueba de aislación eléctrica de gasoductos y cañerías enterradas”
- **INSTALLATION OF PIPELINES BY HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING –**
Pipeline Research Council International, Catalog PR-277-144507-E01
- **Horizontal Directional Drilling** DCA Technical Guidelines, 2nd Ed. - February 2001

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 20
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

7. ANEXO I - ESTUDIO GEOTÉCNICO

7.1 General

El Contratista deberá realizar estudios geotécnicos para identificar las condiciones del subsuelo que permitan definir la factibilidad de la ejecución del cruce con PHD. Los resultados del estudio deben permitir la definición de parámetros de resistencia, deformabilidad y permeabilidad del subsuelo tendientes a:

- Dimensionamiento de la máquina perforadora,
- Dimensionamiento del caño,
- Presión del fluido de perforación:
- Mínima, para la limpieza y estabilidad de la perforación
- Máxima, para evitar la rotura del suelo
- Entre los problemas más comunes que pueden poner en riesgo la ejecución de la perforación dirigida se encuentran las siguientes condiciones geotécnicas:
- Suelos blandos y/o muy sueltos: dificultades en el direccionamiento de la perforación,
- Grava suelta o compacta: problemas de estabilidad en la perforación y pérdida de fluido de perforación,
- Contenido alto de piedras y rodados: problemas de estabilidad y de direccionamiento de la perforación
- Capas de suelo de muy diferentes resistencias dispuestas en forma sub-paralelas a la dirección de perforación: el cabezal de perforación se desvía en vez de ingresar a la capa más resistente, traducándose en problemas de direccionamiento de la perforación.
- Zonas de roca muy fracturadas: problemas de estabilidad en la perforación y pérdida de fluido de perforación,
- Presencia de cavidades: problemas de estabilidad en la perforación y pérdida de fluido de perforación,
- Roca excesivamente dura: desgaste de la herramienta, demoras en el cronograma e impedimento de la realización de la perforación
- Existencia de acuíferos artesianos: problemas en la calidad de las propiedades del fluido de perforación

El alcance del estudio geotécnico debería abarcar los siguientes elementos si se desea contar con medios suficientes para evaluar la factibilidad del cruce, reduciendo a un mínimo los riesgos durante la etapa de ejecución:

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 21
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

7.2 Recopilación de antecedentes y trabajos de gabinete

El Contratista deberá compilar información con mapas y planos temáticos que deberá gestionar por su cuenta tales como:

- Mapas geológicos
- Mapas de suelo y perfiles estratigráficos
- Imágenes satelitales de otras épocas
- Información adicional relevante

7.3 Reconocimiento del lugar

El relevamiento y su volcado a planos, incluirá los límites de las áreas de cruce en ambos lados de la ruta, el estudio completo del derecho de vía para la longitud de la propuesta de la PHD, para las áreas de:

- Obrador,
- Punto de entrada y salida de la perforación,
- Zona de tendido de la cañería previo a la inserción,
- Posicionamiento de la máquina,
- Pileta de lodo bentonítico,
- Equipo de recirculación de lodos.

Contendrá los detalles importantes del área, incluidos, pero no limitado a:

- Edificaciones y casas
- Tendido Eléctrico aéreo/subterráneo, Fibra óptica, Acueductos, etc.
- Campos sembrados
- Las rutas
- Puentes y Alcantarillas.
- Los servicios públicos existentes
- Otros ductos existentes
- Los límites de la vegetación
- Cunetas, pantanos, zonas bajas (anegadizas)
- Ferrocarriles
- Cercas

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 22
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- Alambrados

Incluirá la clasificación y evaluación de documentación existente recolectando datos, planos, perfiles, etc. que puedan poseerse a consecuencia de construcciones anteriores en la zona. Incluirá el estudio de todos los accesos existentes y propuestos desde la ruta local más cercana a la entrada y salida de las áreas de trabajo, incluyendo todas las características importantes del área detalladas en el párrafo anterior.

Incluirá las áreas de trabajo para los sitios propuestos para las locaciones de máquina y de salida.

Determinación y marcado del eje de la línea central de la PHD con estacas cada 15 metros. Todas las marcas deben ser etiquetadas con la progresiva del gasoducto y su elevación. Efectuar mediciones mostrando con precisión las distancias y diferencias de cota entre los puntos de entrada y salida, dejando materializados en el terreno dos mojones, uno en cada extremo con las coordenadas ENZ claramente especificadas.

Verificación a fin de incluir todas las características de las interferencias que pueden interponerse con las operaciones del cruce incluyendo, pero no limitado a: la movilización e instalación de equipos y la tubería a insertar. La ubicación de las perforaciones geotécnicas deberá estar identificada en el plano relevado.

Previo a la iniciación del estudio geotécnico, deberá contarse con el relevamiento topográfico de la zona de trabajo, o alternatively encomendar dicha tarea al mismo grupo profesional.

El relevamiento topográfico deberá estar geo-referenciado (**POSGAR07**).

7.4 Métodos directos

Se procederá a diseñar, la ubicación de las calicatas y perforación tendientes a realizar los ensayos de campo y la toma de muestras para ensayos de laboratorio, en el caso que se puedan tomar muestras no disturbadas.

En líneas generales se trata de determinar:

- Tamaño y distribución de granos en suelos gruesos
- Plasticidad en suelos finos
- Compactación de suelos no-cohesivos
- Consistencia de suelos cohesivos
- Relación de vacíos
- Parámetros de resistencia y corte
- Análisis de Agua: Medición de PH, Contenido de sulfatos, Cloruros, Magnesio, entre otros. El laboratorista o profesional responsable deberá indicar si el agua del lugar es recomendable para el uso de producción de lodo bentonítico de perforación.

1. Excavación de calicatas

Se excavarán calicatas en ambos extremos con el objeto de determinar:

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 23
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- la calidad y consistencia de los suelos en el sitio del anclaje de la máquina;
- determinar el nivel de la napa freática,
- la existencia de rodados

2. Perforación de sondeos

Se ejecutarán sondeos geotécnicos verticales para la determinación del perfil estratigráfico a través del perfilaje de pozo cuya profundidad mínima será de 10 m por debajo de la menor cota de la instalación de la cañería (según ingeniería básica).

Los sondeos deben ejecutarse a una distancia prudencial de la traza proyectada, pero lo suficientemente cerca para que sea representativo de las condiciones geológicas presentes. Por lo tanto, los sondeos se deberán ejecutar a una distancia de entre 7,00 y 10,00 m aproximadamente a cada lado del eje de la traza proyectada en forma alternativa.

Los sondeos en todos los casos deben ser rellenados una vez terminada la identificación de los materiales existentes.

El numero de perforación o sondeos de exploración es función de la longitud del cruce y de la complejidad del perfil estratigráfico. Para cualquier longitud de proyecto propuesta el numero de sondeos nunca podrá ser menor de 2.

De acuerdo a los resultados de dichos sondeos podrá optarse por incrementar el numero de pozos, por ejemplo, si se observa una significativa diferencia en los perfiles estratigráficos o la presencia en los estratos de bloques de rocas o grandes concentraciones de grava, guijarros o cualquier anomalía que haga sospechar grandes variaciones litológicas. Para estos casos perforaciones adicionales serán necesarias, su determinación quedará supeditada al análisis del proyecto por información de gabinete y viajes de campo.

El diámetro de las perforaciones debe ser el necesario para la extracción de las muestras. Se deben sacar muestras de gravas de hasta 6,00 cm de diámetro. Diámetros superiores deberán ser estimados por el perforista y/o medidos en calicatas cuando estos suelos están dentro de los 4m superiores.

En el caso de suelos con capas de rodados en superficie o en estratos inferiores, la determinación de la granulometría por tamiz del material en estas zonas es de fundamental importancia, ya que, de no existir suficiente material de finos circundantes removibles, los rodados o no se desplazarán o migrarán hacia puntos más bajos del túnel, formando obturaciones graves durante el proceso de ensanche o durante la inserción del caño.

Se deberá tener extremo cuidado en no dejar perforaciones abiertas que puedan convertirse en una vía preferencial del fluido de perforación

3. Pruebas de campo sugeridas

TGN S.A. deberá proponer los ensayos de campo a realizar tendiente a obtener las propiedades listadas más arriba. Entre ellos se listan en forma tentativa:

- Standard Penetration Test (SPT)
- Cone Penetration Test (CPT o CPTU)

	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CODIGO: IP ES S 041	Pág. 24
	CONSTRUCCIÓN DE CRUCES CON PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	Revisión 1	de 24

- RQD
- Perfil geofísico (SEV sondeos eléctricos verticales).
- Otros

4. Pruebas de laboratorio sugeridas

Las muestras tomadas por medio del sacabocados de los sondeos en el sitio de obra serán investigadas en laboratorio. Para suelos no cohesivos los siguientes análisis son importantes:

- Tamaño de partícula / distribución.
- Forma de la partícula.
- Porcentaje de vacíos.
- Permeabilidad.
- Densidad relativa o densificación.
- Dureza
- Abrasión
- Otros

Para suelos cohesivos plásticos, como ser arcillas, son convenientes los estudios sobre:

- Su origen
- Su capacidad de hidratación y consecuente velocidad de expansión
- Su resistencia a la compresión simple.

7.5 Registros

- Informe del Estudio Geotécnico
- Plano de ubicación geográfica.
- Plano de perfil longitudinal.
- Plano de perfil geotécnico.