

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 1/21

1. OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO

Establecer las actividades técnicas y de seguridad necesarias para la instalación o traslado de redes que requieran técnica de Perforación Horizontal Dirigida (PHD), con el fin de mitigar y prevenir accidentes o incidentes a las personas, cualquier daño a la propiedad o los equipos en el proyecto de Metro Línea 1.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para trabajos contratados en el proyecto de METRO LINEA 1 que realice instalación, traslado o cambio de redes con/sin zanjas en donde se requiera Perforación Horizontal Dirigida (PHD), a cielo abierto, realizadas por personal contratado.

3. PROCESO O SUBPROCESO

Sistema integrado de gestión

4. DEFINICIONES

Tabla. 1 Definiciones

TERMINO	DESCRIPCIÓN
MAQUINARIA	Una máquina es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado.
EQUIPOS	Son elementos que son esenciales para el desarrollo de cualquier estructura desde su etapa inicial hasta la etapa final. Forman parte de cualquier conjunto apropiado de herramientas necesarias para generar la máquina.
EJECUTOR AUTORIZADO	Persona capacitada para ejecutar la tarea, evaluada y autorizada que conoce las técnicas y normas para utilizarlas.
EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	Serie de elementos que protegen la parte del cuerpo que cubren en caso de que el riesgo se materialice y deben cumplir con las especificaciones técnicas necesarias para realizar la tarea.
CERTIFICACION	Constancia que se entrega al final de un proceso, que acredita que un equipo cumple con las exigencias de calidad de la norma que lo regula, o que una persona posee los

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 2/21

TERMINO	DESCRIPCIÓN
	conocimientos y habilidades necesarias para desempeñar las actividades definidas en la certificación.
DEMARCAACION	Señalización del área y cerramiento provisional alrededor del lugar de trabajo para no permitir la intromisión de persona ajenas a la tarea.
ATS	Análisis de trabajo seguro
LISTA DE VERIFICACION	Es una guía por escrito para la verificación de las condiciones de seguridad de las personas que van a realizar la tarea, esta lista es uno de los elementos principales que conforman el control de las condiciones de riesgo para realizar la tarea.
MEDIDAS DE PREVENCIÓN	Conjunto de acciones individuales o colectivas que se implementan para advertir o evitar la materialización del riesgo.
MEDIDAS DE PROTECCION	Conjunto de acciones individuales o colectivas que se implementan para mitigar las consecuencias cuando el riesgo se materializa.
PERMISO	Es una autorización y aprobación por escrito dada por un tercero (emisor), que especifica la ubicación y el tipo de trabajo a efectuarse. En éste se certifica que los peligros han sido evaluados por personas capacitadas y que se han tomado las medidas de protección necesarias para que este no se materialice.
PERSONAL AUTORIZADO	Personal que cumple con las competencias físicas y técnicas e implementan los controles necesarios para realizar la tarea.
PERSONAL CALIFICADO	Persona que ha sido entrenada, capacitada y evaluada, por lo tanto, está calificada para la realización de la tarea.
POLIMEROS	Una molécula grande compuesta de unidades que se repiten.
LODOS	Barro fino que se forma en el suelo cuando llueve o que se deposita en el fondo de una corriente o un depósito de agua.
IZAJE	Es una operación de alto riesgo dadas las condiciones involucradas, como el peso mismo de las cargas, las fuerzas requeridas, la necesidad de coordinación entre todos los participantes y el correcto funcionamiento de equipos y accesorios.

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 3/21

TERMINO	DESCRIPCIÓN
FLUIDOS DE PERFORACION	Controlan las presiones de formación, remueven los cortes del pozo, sellan las formaciones permeables durante la perforación.
PHD	La Perforación Horizontal Dirigida es un procedimiento constructivo de instalación de tubería sin apertura de zanja. Técnica para instalar tubos o acometidas subterráneas, utilizando un taladro o torre de perforación superficiales desde donde se proyecta un cable de perforación en un ángulo suave respecto a la superficie y que posee capacidad de seguimiento y dirección
EAAB- ESP	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
EXCAVACION	Se le denomina al proceso de análisis de las estratigrafías naturales y antrópicas que se sedimentan en un determinado lugar.

5. GENERALIDADES

Antes de iniciar actividades en campo es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- ▶ Realizar ATS antes de iniciar cualquier actividad
- ▶ Divulgación de permisos de trabajo y procedimientos de las actividades que se vayan a ejecutar
- ▶ Todas las áreas para intervenir deben estar debidamente señalizadas y demarcada, según el riesgo de la zona.
- ▶ Realizar las debidas inspecciones y ejecución de preoperacionales de equipos, herramientas etc., que se utilicen en la actividad.
- ▶ Tener en sitio elementos de atención a emergencias: Camilla, botiquín, extintor, lavaojos
- ▶ Divulgación de plan de emergencias, MEDEVAC, Puntos de encuentro, Planes específicos de contingencia, donde se prevé las obstrucciones por sedimentos, daños en acometidas y otros servicios públicos, perdida de alineamiento y /o pendiente y perdida de la cabeza de ruptura.
- ▶ Durante el desarrollo de las actividades el equipo de trabajo contará en todo momento con los elementos de protección personal (EPP), de acuerdo con la matriz establecida por actividad y seguirá dando cumplimiento a las medidas preventivas establecidas en el Protocolo de Bioseguridad.
- ▶ Todas las áreas donde se realizan actividades deberán tener elementos de primeros auxilios como: Camilla, botiquín, extintor, lavaojos, se deben inspeccionar
INSPECCIÓN DE BOTIQUIN - CAMILLA – LAVAOJOS, SIG-EI-FR-88, CONSOLIDADO MENSUAL DE PRIMEROS AUXILIOS.

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 4/21

- ▶ Para la atención de emergencias ambientales tener en cuenta controles establecidos en Programa de manejo de derrames o fugas de combustibles líquidos Plan de gestión integral de residuos peligrosos
- ▶ Todo manejo de sustancias químicas que se presenten en el área debe estar debidamente almacenado, rotulado y debe tener su hoja de vida MSDS.
- ▶ Todas las personas deben tener sus elementos de protección personal acordes a la actividad a ejecutar. Estos elementos deben ser certificados.
- ▶ Las herramientas menores que se utilicen deben ser estándar no deben ser hechizas.
- ▶ Usar equipos de Protección personal certificados y acordes a la actividad a ejecutar
- ▶ Realizar un escáner del terreno antes de realizar cualquier tipo de perforación para analizar otro tipo de tuberías o elementos que puedan tener alguna afectación hacia el equipo o el personal, ejemplo la verificación de ausencia de energía.
- ▶ Establecer medidas de protección y prevención en sitio de la excavación y perforación antes de realizar actividades.
- ▶ Adecuación de la zona de trabajo para el emplazamiento de los equipos, tanto en el inicio de la perforación como en la salida.
- ▶ Establecer medidas para el ingreso y salida del personal en el sitio de perforación.
- ▶ Verificar la necesidad de realizar una entibación en el área a perforar.
- ▶ Diseño y ejecución de piscinas de lodos en caso de que se requieran para recibir material sobrante, para evitar tener contacto con canales de agua etc.
- ▶ Verificación de las fichas del plan de manejo ambiental para la disposición final de material sobrante en sitio (lodos)
- ▶ Para la ejecución de la actividad (perforación) se realiza con el personal técnico especialista un estudio de suelos llegando al nivel freático, donde se determina qué tipo de fluidos serían óptimos para la lubricación de la cabeza de corte de la máquina, por lo tanto, el material sobrante se debe separar o clasificar para la entrega a proveedor quien realizara la disposición final.

5.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN, CONTROL, MITIGACIÓN, ELIMINACIÓN Y COMPENSACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES:

Las medidas de prevención y mitigación ambiental se deben tener en cuenta en las fichas de manejo ambiental aplicables a las actividades a realizar, adicionalmente se debe tener en cuenta los controles de mitigación establecidos en la Matriz de aspectos e impactos ambientales.

En las actividades de perforación horizontal dirigida llevadas a cabo durante el traslado de las redes secas, es posible la generación de lodos, en los casos en que

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 5/21

se requiera el uso del agua o polímero para la perforación, lo anterior en función de las condiciones del suelo, del equipo y de la metodología a seguir por el contratista.

A continuación, se establecen las siguientes medidas de manejo:

- ▶ Se deberá adecuar en el frente de obra un área para el manejo de los lodos se adaptará un mecanismo de contención que permita la deshidratación de estos, garantizando que los materiales se sequen adecuadamente y ser tratados finalmente como RCD.
- ▶ Se deberán mantener limpios los accesos a los frentes de trabajo.
- ▶ En caso de no contar con el área para la implementación de un lecho de secado de los lodos generados, éstos deberán ser transportados por vehículos tipo Vactor y llevados a gestores autorizados para su manejo.
- ▶ Se debe llevar un registro de la cantidad de lodos líquidos generados y entregados a un gestor autorizado. (Por definir con el concesionario)
- ▶ En ningún caso se deben verter lodos en los canales de agua o áreas de cobertura vegetal.
- ▶ El transporte de los lodos se debe realizar con un gestor autorizado para esta actividad.

En términos de transparencia y eficiencia el desarrollo del proyecto se contará con sistemas de información al público o comunidades aledañas al proyecto y fortaleciendo la participación de la mano de obra local al momento de ejecutar cada una de las actividades del proyecto teniendo en cuenta. En cuanto a las medidas de prevención y mitigación en el aspecto social a las actividades a realizar, remitirse al capítulo de evaluación de impactos sociales.

5.1.1. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SGSST)

Se presenta la matriz de identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles para las actividades que se desarrollan en las actividades de perforación dirigida horizontal PHD para el Traslado, protección, reubicación y/o gestión de redes.

Adicionalmente es importante dirigirse a la normatividad aplicable a la actividad del EAAB- ESP según la siguiente tabla:

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 6/21

Tabla. 2 Normativa Aplicable SST EAAB-ESP

Código	Título	Versión
NS-107	Requisitos Mínimos de SST para el manejo de equipos empleados en labores de construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado	1.0
NS-108	Requisitos mínimos de SST para el manejo de herramientas manuales	1.0
NS-109	Requisitos mínimos de SST para la realización de trabajos con líneas eléctricas	1.1
NS-110	Requisitos mínimos de SST para la realización de trabajos en alturas	1.1
NS-111	Requisitos mínimos de SST para la realización en espacios confinados	3.0

5.2 TRABAJOS SIMULTÁNEOS

Para realizar los seguimientos se debe verificar los diferentes procedimientos, normas internas y validar los procesos de comunicación y de atención en caso de emergencias.

Adicionalmente se deben evaluar los riesgos en el ATS de las actividades aledañas para identificar que controles se pueden ejecutar en el área para las partes involucradas.

Una vez se identifiquen los riesgos asociados por cada una de las partes se deben ejecutar los controles en el área para la mitigación de los riesgos.

5.3 TRABAJOS EN HORARIOS NOCTURNOS

El contratista que ejecutara las actividades realizar actividades en horario nocturno se debe verificar los diferentes procedimientos, normas internas y validar los procesos de comunicación y de atención en caso de emergencias.

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 7/21

Adicionalmente en el área se debe contar con la iluminación suficiente para las áreas a intervenir, es decir área de trabajo y de tránsito de personal. Antes de realizar cualquier actividad se debe socializar el ATS de las actividades a realizar y sus riesgos.

Delimitar y señalar las áreas que puedan generar riesgo de accidente y procurar que el personal tenga conocimiento de los peligros que hay a su alrededor.

5.4 MATERIALES EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Todos los equipos, maquinaria y herramienta que se utilicen en la ejecución de las actividades de Perforación horizontal para el proyecto de Traslado, protección, reubicación y/o gestión de redes, deben cumplir con las normas técnicas y de seguridad establecidas.

Actividades mecánicas: Todos los equipos para traslado, cargue y descargue de material y equipos deben estar certificados tanto los elementos de izaje como las grúas.

Las herramientas y equipos menores deben ser estándar, no se permiten herramientas hechizas, cada herramienta debe ser inspeccionada y estar en buen estado.

Para las actividades eléctricas los elementos de medición eléctrica deben estar debidamente certificados, con hoja de vida, mantenimientos o calibraciones.

Tabla 3 – Equipos y herramientas

EQUIPO Y/O HERRAMIENTA	IMAGEN
Herramienta menor	
Elementos de izaje	
Herramienta Menor para excavaciones	

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 8/21

Botas dieléctricas	
Casco dieléctrico con pantalla	
Guantes de seguridad	
Mascara de gases	
Lentes de Seguridad	

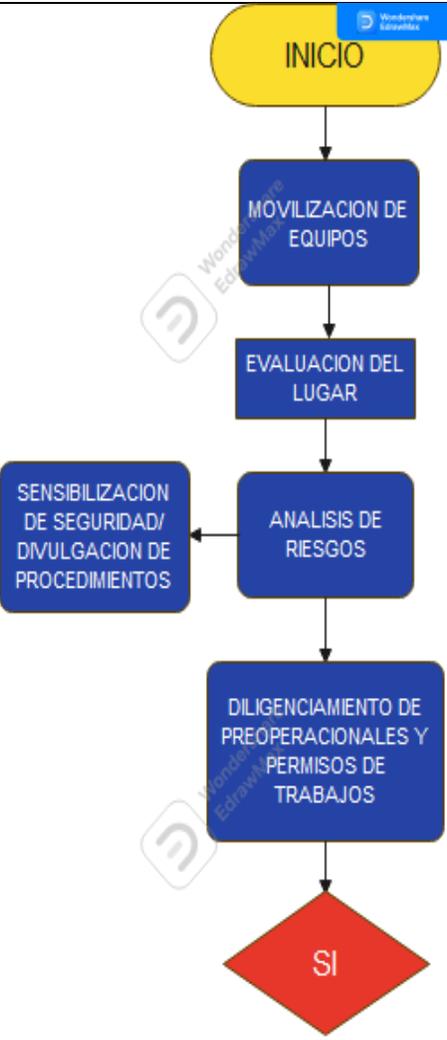
(Consortio Ambiental Metro de Bogota L1, 2022)

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 9/21

6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

FLUJOGRAMA			
ACTIVIDADES	DESCRIPCION	RESPONSABLES	REGISTROS
	<p style="text-align: center;">INICIO</p> <p>1. Se realiza verificación y movilización equipos y maquinaria al área de almacenamiento provisional. 2. Verificación del área con el fin identificar posibles riesgos de caída, desniveles del suelo o daños en el mismo antes de realizar cualquier ubicación de algún equipo o maquinaria. 3. Se realizará el análisis de riesgo seguro de las actividades, se divulgarán procedimientos aplicables, se realizará charla de seguridad diaria. 4. Se diligenciarán los preoperacionales que apliquen y se tramitarán los permisos de trabajo pertinentes para la actividad. SI y solo SI se realizan estos pasos se podrá seguir con la etapa siguiente:</p>	Residente de obra/ HSE/ Técnico mecánico Residente de obra/ HSE/ Técnico Residente de obra/ Personal operativo/HSE Residente de obra/ Personal operativo/HSE	Lista de chequeo para ingreso de máquinas, equipos o vehículos/ autorización de movilización de equipos. Lista de chequeo para inspecciones localativas. Análisis de trabajo Seguro/Formato de evaluación de capacitación/ Matriz IPER Formato de seguimiento, uso y manejo de elementos de protección personal (EPP)/ Permiso de trabajo/ Inspección preoperacional de herramienta y equipo crítico/ Inspección de botiquín, camilla – lavaojos

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.



METRO LÍNEA 1

PROCEDIMIENTO

CODE: CMG-EV-PR-17
DEPARTMENT: CONST
VERSION: 1.0

**PROCEDIMIENTO DE PERFORACION
HORIZONTAL DIRIGIDA.**

Page: 10/21

FLUJOGRAMA

ACTIVIDADES	DESCRIPCION	RESPONSABLES	REGISTROS
<pre> graph TD A[Inspeccion del terreno] --> B[Diseño y ejecucion de piscinas de lodos] B --> C[Perforacion piloto o guia] C --> D[Ensanchado del tunel] D --> E[Instalacion de tuberia] E --> F([FIN]) G[Disposicion de material sobrante] --> B </pre>	<p>Se realiza inspección preliminar del terreno en cuanto a escaneo y estudios de suelos.</p> <p>Se realizan piscinas de lodos para contener y recibir el material sobrante de la perforación.</p> <p>Se realiza la perforación piloto por medio de un varillaje que permiten realizar perforaciones dirigidas mediante el acople roscado de las barras una a una hasta llegar la distancia requerida el proceso se realiza a base de agua.</p> <p>Una vez realizada la perforación piloto, se desmontará el cabezal de perforación y en su lugar se montará un cono escariador para aumentar el diámetro del túnel de la perforación.</p> <p>Una vez que se haya logrado el diámetro del túnel deseado con la ayuda de los ensanchadores, se procede a la introducción de la tubería.</p> <p>La tubería, previamente soldada en su longitud total, se alinea con la perforación y se conecta al varillaje de perforación, ya introducido en el túnel. En ese momento la perforadora tira de ella a través del varillaje, introduciéndola en el túnel progresivamente.</p> <p style="text-align: center;">FIN</p>	<p>Residente de obra/ Personal operativo/HSE</p> <p>Residente de obra/ Personal operativo</p> <p>Residente de obra/ Personal operativo-mecánicos.</p> <p>Residente de obra/ Personal operativo mecánico.</p> <p>Residente de obra/ Personal mecánico</p>	<p>Lista de verificación para izaje mecánico de cargas/ SIG-Plan de izaje/ Inspección preoperacional de herramienta y equipo crítico. Manual de instalación del equipo/ Lista de verificación para trabajo en excavaciones/ Permiso de trabajo Registro de tareas de alto riesgo/ Formato de seguimiento, uso y manejo de elementos de protección personal (EPP)/ lista de verificación para izaje mecánico de cargas/</p>

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 11/21

6.1 GENERALIDADES DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA

La perforación dirigida en sentido horizontal es una forma de tecnología de instalación *sin zanjas*. Los equipos y procedimientos están diseñados para minimizar los daños en superficie, la reconstrucción y la interrupción de tráfico vehicular o marítimo, con poca o ninguna interrupción de las demás tuberías o servicios existentes.

Esta tecnología se emplea para la instalación de tuberías a presión, para lo cual utilizan tuberías de Polietileno de alta densidad (PEAD) en diámetros desde 50 mm (2") hasta 900 mm (36") con longitudes de hasta 2000 m.

Se realiza excavación horizontal dirigida por debajo del nivel del terreno a una profundidad media predefinida, la cual se hace a través de una flecha o punta excavadora piloto, cuyo avance se controla y se dirige a través de sistemas de ondas magnéticas entre dos sensores, uno existe en la punta y otro que lleva el operario por encima de la superficie con lo cual se garantiza que la línea de instalación permanezca en las tolerancias exigidas.

En caso de encontrarse interferencias en el alineamiento, el operario debe efectuar las maniobras de desvío, garantizando que el equipo salga al apique o trinchera establecida, dejando en su camino una serie de tuberías que forma el tunel piloto inicial, el cual posteriormente es aplicado al diámetro requerido.

Perforación maxi- horizontal dirigida, Maxi HDD: Clase de perforación horizontal dirigida, conocida como perforación dirigida simplemente, para perforar túneles hasta de varios miles de metros de largo e instalar tubos de más 1,25 m (48 pulgadas) de diámetro, a profundidades hasta de 60 m (200 pies), se utilizan ampliamente en arenas y arcillas pero también pueden usarse en formaciones rocosas blancas y suelos con granulometría tamaños grava aumentando las precisiones del trabajo

Perforación mini-horizontal dirigida, mini-HDD: Se trata de una clase de perforación horizontal dirigida, que se conoce algunas veces como perforación guiada, por taladrar orificios hasta de varios cientos de metros de longitud e instalar tubos de menos de 300 mm (12 pulgadas) de diámetro nominal a profundidades de menos de 7 m (25 pies)

PHD que se conoce algunas veces como perforación guiada, por taladrar orificios hasta de varios cientos de metros de longitud e instalar tubos de menos de 300 mm (12 pulgadas) de diámetro nominal a profundidades de menos de 7 m (25 pies).

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 12/21

Se deben especificar los lineamientos que se deben seguir para el proceso de instalación y control de la aplicación del método de Perforación Horizontal Dirigida (PHD).

Esta tecnología se emplea para la instalación de tuberías a presión, para lo cual utilizan tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en diámetros desde 50 mm (2") hasta 900 mm (36") con longitudes de hasta 2000 m.

Se debe garantizar que el equipo cuente con los principales componentes empleados, que incluye brocas, barrenas, rótulas y cabezas de tracción, son:

- ▶ Una plataforma de perforación direccional de tamaño adecuado para trabajo a mano, en buen estado con capacidad de completar el proyecto sin retrasos significativos.
- ▶ Barras de perforación unidas entre sí para formar una cadena de perforación para el avance de la broca. La broca de perforación debe tener un lado cerrado capaz de soportar el área excavada (al frente) durante la excavación y el apagado. La broca debe ser de dirección completa en las direcciones horizontal y vertical de la plataforma de perforación de modo que la alineación se pueda mantener durante toda la operación de la perforación.
- ▶ Una broca capaz de perforar todos los materiales encontrados como son: arena, grava, materiales del lavado, materia orgánica y arcilla.
- ▶ Un transmisor / receptor para el seguimiento y registro de la ubicación de la broca
- ▶ Un tanque para el mezclado y sostenimiento del fluido de perforación
- ▶ Una bomba para hacer circular el fluido de perforación

El proceso de instalación de una tubería o canalización mediante PHD comienza con un estudio previo con el objeto de elegir la mejor máquina y útiles para un caso concreto. Se incluye la topografía de la zona y un estudio geotécnico que determine el tipo de terreno. No menos importante es detectar con precisión los servicios existentes en el subsuelo mediante un georradar e incluso analizar rutas alternativas. A continuación, se debe adecuar la zona de trabajo para el emplazamiento de los equipos, tanto en el inicio de la perforación como en la salida. No se debe subestimar la planificación. Por cada día de trabajo de campo debería dedicarse un mínimo de dos días de planificación.

La etapa de estudios previos debería centrarse en dos aspectos que se consideran fundamentales:

La naturaleza intrínseca del proceso de construcción que implica:

- ▶ El corte de las formaciones del suelo y su incorporación a los fluidos de perforación
- ▶ El mantenimiento continuo y estable de las paredes de la perforación

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 13/21

El transporte del detritus suspendido en la mezcla para permitir la instalación de la tubería

El trazado de la perforación, que deberá centrarse en el obstáculo a cruzar, considerando especialmente las condiciones geotécnicas e hidrológicas (Figura 2), así como identificar el radio de curvatura de las barras de perforación y los esfuerzos máximos admisibles.

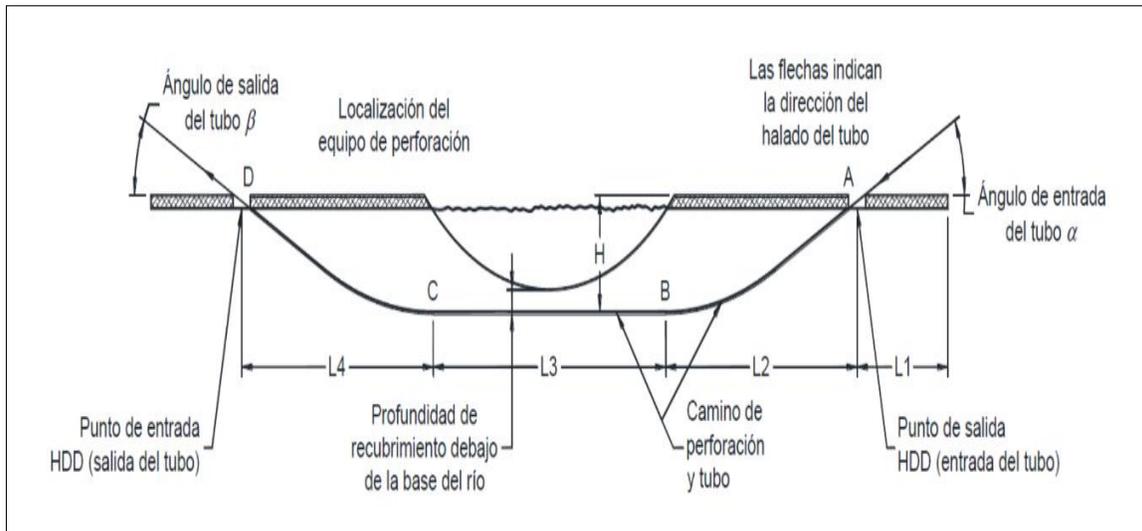


Figura 2. Esquema de perforación PHD.
 Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC 231

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 14/21

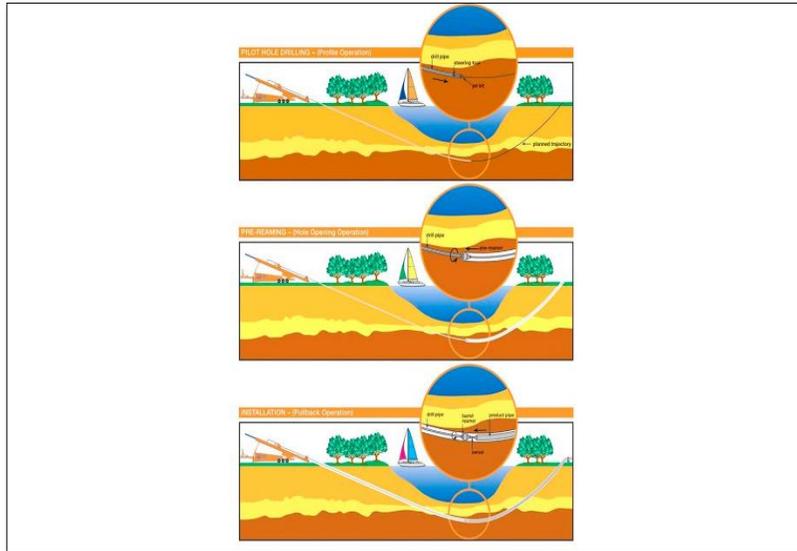


Figura 3. Fases en la ejecución de una PHD.

Fuente: <http://tracksonhorizontaldrilling.com.au/directional-drilling-presents-top-solution/>

La instalación propiamente dicha de las tuberías o los conductos se realiza en varias fases (Figura 3). Primero se perfora un taladro piloto; a continuación, se ensancha dicha perforación de forma concéntrica en sentido contrario al de la perforación piloto (Figura 3). En ese momento la máquina tira y la tubería se engancha al escariador para alojarla en su posición definitiva.

La perforación piloto constituye la siguiente fase del proceso tras los estudios previos y el emplazamiento de la maquinaria. Se trata de perforar con un cabezal direccionable con un varillaje especial que admite cambios de orientación. Su diámetro dependerá de la maquinaria utilizada y está relacionada con el tamaño de las barras de perforación y de las brocas de perforación.

Los aspectos más relevantes para considerar son las posibles obstrucciones y los radios de curvaturas. Un sistema de navegación guía la cabeza de perforación. Lo habitual es que el varillaje permita la entrada de lodos, que pueden inyectarse a presión para mejorar la perforación. Los lodos arrastran el detritus hacia el exterior. Tras la perforación piloto se realiza la operación de ensanche, normalmente en sentido inverso, tirando de un escariador. El agrandamiento puede hacerse de una vez o en fases sucesivas hasta alcanzar el diámetro necesario. Es habitual que el diámetro final

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 15/21

sea el doble del de la tubería a instalar. Un aspecto clave es el terreno y su estabilidad, pues va a condicionar el uso del ensanchador. Así, en terrenos blandos se emplean ensanchadores tipo flycutter o barriles, mientras que en terrenos duros o roca se necesitan ensanchadores especiales con protecciones de carburo de tungsteno.

Existen escariadores cortadores, que corta trozos pequeños de material que se mezclan con el fluido de perforación; el escariador compactador, donde los recortes se compactan; y los mixtos, donde los recortes se compactan y se mueven.

Por último, la tubería se alinea y se fija justo detrás del ensanchador y se introduce, de una sola vez, en el interior de la perforación tirando de ella. Para facilitar la operación los lodos lubrican las paredes de la perforación para reducir el rozamiento. Cuando se recoge el varillaje, la instalación ya está terminada.

Las recomendaciones generales para la ejecución de PHD pasarían por normalizar los métodos de trabajos para aumentar rendimientos y reducir costes, establecer sistemas de control que garanticen la seguridad y la calidad de los trabajos y establecer un sistema capaz de rechazar, corregir o aceptar las desviaciones que se puedan dar.

6.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Los rendimientos de las máquinas PHD dependen del tipo de terreno (ver Tabla 4), pero también de aspectos gerenciales, medioambientales o de las condiciones de la tubería. Zayed y Mahmoud (2013) analizan todos los factores que influyen en la productividad. Predecir la producción y los costes que va a tener un equipo de estas características puede ser complejo (Yepes, 2015); en este sentido Zayed y Mahmoud (2014) proponen técnicas basadas en la lógica difusa para su predicción.

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 16/21

Tabla 4. Valoración de la aplicabilidad a la técnica PHD en función del material
Fuente: (Caminos, 2016)

Tipo de material	% en peso de las gravas	Aplicabilidad de la técnica PHD
Arcilla muy blanda a muy fuerte, con presencia de fracturas por desecación	-	Buena a excelente
Arena muy suelta a muy densa con o sin trazas de gravas	0 a 30	Buena a excelente
Arena poco gravosa de muy suelta a muy densa	30 a 50	Marginalmente aceptable
Arena gravosa de muy suelta a muy densa	50 a 85	Cuestionable
Grava de muy suelta a muy densa	85 a 100	Inaceptable
Roca	-	Excelente a inaceptable

Así, lo más favorable son arcillas homogéneas, mientras que los materiales granulares presentan problemas de estabilidad, sobre todo bajo nivel freático. Además, las gravas pueden acelerar el desgaste de la cabeza de perforación.

En el caso de roca, las máquinas deben contar con motores de lodos que accionen las cabezas cortadoras. Existen incluso máquinas con doble varilla en el que el tubo interior hace rotar la cabeza cortadora de roca y el exterior proporciona la dirección de perforación; sin embargo, estas máquinas son de pequeño diámetro y longitud de perforación. Otra opción es combinar la percusión con el empuje y la rotación.

6.1.2 POZOS DE ACCESO

Las excavaciones, las zanjas abiertas, los drenajes de agua, el laminado, los apuntalamientos o entibados y refuerzo, deben cumplir con todas las normas de seguridad.

Se debe presentar, para su aprobación, la disposición y ubicación de los nichos de entrada y salida, así como también aquellos sitios que requieren trabajos de excavación para la instalación de accesorios, acometidas y tratamiento de posibles interferencias, entre otros aspectos.

Los servicios públicos existentes se deben proteger según sea necesario, La protección de estos se debe coordinar con las empresas de servicios públicos pertinentes.

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 17/21

Estos se deben construir teniendo en cuenta los parámetros establecidos en PROCEDIMIENTO DE MANEJO DE EXCAVACIONES Y TALUDES y siguiendo los siguientes parámetros:

- ▶ Condiciones geotécnicas presentes en el área de trabajo.
- ▶ Cruces e interferencias con otras redes.
- ▶ Características de la tubería existente y de la tubería a instalar: diámetros, profundidades, longitudes y materiales.

Las dimensiones del pozo de acceso y salida del equipo deben ser tales que los equipos se puedan operar con seguridad, que las soldaduras se puedan realizar sin inconveniente y que la zona de trabajo tenga disponibilidad de espacio. Dichas ubicación y dimensiones del pozo deben ser aceptadas por EPM antes de su construcción.

6.1.3 DISTANCIAS MÍNIMAS A OTRAS REDES DE ACUEDUCTO PRIMARIAS RESPECTO A OTRAS REDES DE SERVICIOS EXISTENTES

Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en la dirección horizontal y 0,3 m en la dirección vertical, medidas entre las superficies externas de los dos conductos¹

Tabla 5. Distancias mínimas a otras redes de acueducto primarias respecto a otras redes de servicios existentes.

RED CON QUE SE CRUZA	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	DISTANCIA VERTICAL (m)
Red Alcantarillado	1.00	0.30
Red de aguas lluvias	1.00	0.30
Red combinada	1.50	0.30
Red telefonía y eléctricas	1.50	0.30
Red de gas domiciliario	1.20	0.30

¹ Art. 138 Localización de redes de alcantarillado- Res. 799 2021

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 18/21

Tabla 6. Distancias mínimas de redes de acueducto secundarias respecto a otras redes de servicio existentes

RED CON QUE SE CRUZA	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	DISTANCIA VERTICAL (m)
Red Alcantarillado	1.50	0.50
Red de aguas lluvias	1.00	0.50
Red combinada	1.50	0.50
Red telefonía y eléctricas	1.50	0.50
Red de gas domiciliario	1.20	0.50

6.1.4 EXCAVACIÓN CON ZANJA

La instalación de tuberías en zanja se realiza mediante una excavación a cielo abierto, empleando equipos mecánicos o herramientas manuales, con el fin de ubicar la tubería en el fondo de la zanja completamente apoyada. En la realización de estos trabajos se debe tener precaución para no interferir con las redes de otros servicios como energía, telefonía, gas, acueducto y alcantarillado.

6.1.4.1 EXCAVACIÓN DE LA ZANJA

Las excavaciones deben ejecutarse por métodos manuales o mecánicos.

Para excavaciones hasta 2.0 m de profundidad, a cada lado de la zanja, se debe dejar una faja mínima de 0.60 m de ancho libre de tierra excavada, escombros, tubos u otros materiales. Para profundidades mayores de 2.0 m, esta faja debe ser mínimo de 1.0 m.

En caso de encontrar suelos con baja capacidad portante o alterados que no garanticen la estabilidad y la integridad de la tubería, el contratista debe informar a para que se tomen las acciones necesarias.

Cuando se realicen excavaciones en roca, tierra dura, pizarra o materiales similares, la línea teórica de excavación de la zanja debe realizarse de acuerdo con lo indicado en el diseño, en el caso de que dicha información no se encuentre especificada en los planos, la excavación se debe ejecutar hasta una profundidad de por lo menos 7.5 cm por debajo de la cota batea, con el fin de tener espacio para la construcción de la cama de apoyo de la tubería.

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 19/21

El ancho mínimo de zanja aconsejable hasta la altura de la clave exterior de la tubería debe ser tal que permita la compactación apropiada del relleno a cada lado de la tubería y la movilización del personal que realiza la instalación, éste ancho en ningún caso debe ser menor de 0.70 m.

Si debido a la profundidad de las excavaciones o el tipo de material encontrado se requiere conformar taludes, la verticalidad de las paredes no se puede variar hasta no superar los 0.30 m por encima de la clave de la tubería que se va a instalar, o la altura necesaria para mantener la condición de zanja, a partir de este punto se debe excavar en talud.

A continuación, se indican los anchos de zanja para la instalación de tuberías según su material de fabricación:

Tabla 7 Ancho de zanjas para tubería

Material de la tubería	Ancho de zanja (m)
Acero	1,50 DE + 0,20 m
CCP y Concreto	DE + 0,50 m
Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe (<i>GRP</i>)	1,25 DE + 0,30 m
Hierro Dúctil (HD)	DE + 0,60 m
Policloruro de Vinilo (PVC)	DE + 0,40 m

Fuente: (Consortio Ambiental Metro de Bogota L1, 2022)

Si al aplicar la expresión anterior, el valor resultante es menor a 0.7 m, el ancho de la zanja debe ser 0.7 m.

7. INFORMACIÓN DOCUMENTADA QUE SE DEBE CONSERVAR

- Lista de chequeo para ingreso de máquinas, equipos o vehículos
- Autorización de movilización de equipos.
- Lista de verificación para izaje mecánico de cargas
- Plan de izaje
- Inspección preoperacional de herramienta y equipo crítico.
- Lista de verificación para manipulación de redes eléctricas
- Registro de tareas de alto riesgo

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 20/21

- Formato de seguimiento, uso y manejo de elementos de protección personal (EPP)
- Análisis de Trabajo Seguro
- Permiso de trabajo
- Lista de verificación para trabajo en excavaciones
- Inspección de botiquín, camilla – lavaojos

8. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Marco Legal Colombiano del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- NTC/ISO 45001:2018
- Apéndice Técnico 15 – Gestión Ambiental y seguridad y salud en el trabajo CONTRATO CONCESION N° 163

9. CONTROL DE CAMBIOS Y APROBACIONES

CONTROL DE EMISIONES		
REV	FECHA	EMITIDO PARA
	29/04/2022	Se emite actualización para revisión y comentarios del cliente e interventoría

CONTROL DE CAMBIOS		
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
	29/04/2022	Se emite para revisión, emisión de comentarios del cliente e interventoría

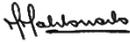
APROBACIÓN ML1			
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
ELABORÓ			
REVISÓ			

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.

 METRO LÍNEA 1	PROCEDIMIENTO	CODE: CMG-EV-PR-17 DEPARTMENT: CONST VERSION: 1.0
	PROCEDIMIENTO DE PERFORACION HORIZONTAL DIRIGIDA.	Page: 21/21

REVISÓ			
REVISÓ			
APROBÓ			

APROBACIÓN SUBCONTRATISTA			
<small>CONSORCIO AMBIENTAL METRO BOGOTÁ L1</small>	FIRMA	NOMBRE	CARGO
ELABORÓ		Kris Romero	Inspector SSTA
REVISÓ		Deisy Cote	Coordinadora Ambiental
APROBÓ		Mauricio Maldonado	Director de Proyectos

MUY IMPORTANTE: La validez de este documento, presentado firma, debe ser comprobada antes de su uso consultando el repertorio "Documentos relevantes" de la biblioteca de documentos.

Este documento y la información que contiene son propiedad de ML1. No puede ser utilizado, reproducido o transmitido a terceros sin una autorización previa por escrito.