



INGENIERÍA DE DETALLES CAMBIO DE MATERIAL LÍNEAS ELECTROLITO INTERPLANTA A HDPE MEL

BPI17009

REVISADO



☐ SIN COMENTARIOS
☒ CON COMENTARIOS

FECHA: 28/10/17 POR: A. Aedo

CRITERIO DE DISEÑO

TRAZADO Y MOVIMIENTO DE TIERRA

BPI17009-C-6000-DC001 Rev. B

B	04-09-17	Aprobación Cliente	 J. Escárate	 S. Salgado	 G. Acevedo		J. Aguilera
A	30-08-17	Coordinación Interna	J. Escárate	S. Salgado	G. Acevedo		
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	POR	L.D.	J.P.	REV.	APR.
			BRASS			CLIENTE	
<div><div></div><div><div>BRASS Chile S.A.</div><div>Tecnología de punta en transporte de fluidos</div></div></div> <div><div>BRASS Chile S.A. Escriba aquí la fecha de entrega</div><div>CONTROL DE ENTREGA</div></div>							

BRASS Chile S.A.
Tecnología de punta
en transporte de fluidos

CONTROL DE PRODUCTOS

Revisado por: Crishna B

Fecha: 07/09/2017

CRITERIO DE DISEÑO
TRAZADO Y MOVIMIENTO DE TIERRA
BPI17009-C-6000-DC001 Rev. B

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	4
2	GENERALIDADES	5
2.1	ALCANCE.....	5
2.2	LÍMITES DE BATERÍA.....	5
2.3	EXCLUSIONES	5
2.4	DEFINICIONES.....	5
2.5	COMUNICACIONES	6
2.6	IDIOMA.....	6
2.7	SISTEMA DE UNIDADES	6
2.8	CONDICIONES AMBIENTALES	6
2.9	VIDA ÚTIL	6
2.10	PRESENTACIÓN DE LOS PLANOS	6
2.11	CALIDAD	6
3	CÓDIGOS Y ESTÁNDARES	8
3.1	NORMAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO	8
3.2	NORMAS COMPLEMENTARIAS	8
4	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	9
5	CONDICIONES GENERALES	10
5.1	TRAZADO	10
5.2	PENDIENTES LONGITUDINALES	10
5.3	CURVADO DE CAÑERÍA	10
5.3.1	Curvatura en frío de la tubería de acero con <i>liner</i> interior	11
5.3.2	Curvatura natural de la tubería de acero con <i>liner</i> interior	11
5.3.3	Curvatura de la tubería de HDPE	12

5.4	PISTA DE CONSTRUCCIÓN	12
5.5	ZANJA	14
5.6	EXCAVABILIDAD	15
5.7	ATRAVIESOS	16
5.7.1	Recomendaciones de diseño para atravesos de caminos, líneas de FF.CC., quebradas y servicios existentes	16
5.7.2	Recomendaciones de diseño para atravesos de cruces de quebradas	18
5.8	CONDICIONES ESPECÍFICAS	18
5.8.1	Señalización	18
5.8.1.1	Letreros kilométricos	18
5.8.1.2	Letreros en cruces y atravesos	19
5.8.1.3	Letreros de señalización aérea	19
5.8.2	Protección mecánica por camisa de acero	19
5.8.3	Protección mecánica por hormigón prefabricado	19
5.8.4	Relleno de zanja en los atravesos	20
5.8.5	Paralelismo a Líneas Eléctricas de Alta Tensión	20

CRITERIO DE DISEÑO
TRAZADO Y MOVIMIENTO DE TIERRA
BPI17009-C-6000-DC001 Rev. B

TABLAS

Tabla 1: Normas Básicas para el Diseño	8
Tabla 2: Normas Complementarias para el Diseño	8
Tabla 3: Documentos Referenciales	9
Tabla 4: Radio Mínimo de Curvatura en Frío a Utilizar.....	11
Tabla 5: Radio Mínimo de Curvatura Natural a Utilizar.....	11
Tabla 6: Radio Mínimo de Curvatura Tubería HDPE	12
Tabla 7: Cobertura mínima de la tubería.....	14
Tabla 8: Distancias a la Cañería desde Torre de Alta Tensión.....	21

FIGURAS

Figura 1: Pista Normal de Construcción	12
Figura 2: Sección Zanja Típica	15
Figura 3: Distancias a la Cañería desde Torre de Alta Tensión	20

1 INTRODUCCIÓN

“Minera Escondida Limitada, en adelante MEL, ha solicitado a Brass Chile S.A., en adelante BRASS, el desarrollo de una Ingeniería de Detalles para Cambio de Material Línea Electrolito Interplanta a HDPE.

Actualmente el Electrolito Rico, obtenido en la planta de Sulfuros, es impulsado hasta el Estanque de Electrolito Rico ubicado en la planta de Óxidos; el sistema impulsa a través de un “pipeline” de aproximadamente 16,8 km, constituido por cañerías de acero inoxidable. De forma paralela y en sentido inverso, el Electrolito Pobre obtenido en la planta de Óxidos, es impulsado hacia la Planta de Sulfuros por un pipeline de igual longitud y mismo material.

El proyecto original de MEL contemplaba el uso únicamente de tuberías de acero inoxidable, que con el transcurso del tiempo, han presentado reiterados problemas de fugas atribuibles aparentemente a problemas de corrosión. Estos problemas han significado que las Líneas de Interplanta se encuentre actualmente, en algunas zonas, con un grado de deterioro importante, que ha significado realizar reemplazos de tuberías de acero inoxidable por tuberías de HDPE.

Con información proporcionada por MEL y soportada con la realización de estudios hidráulicos, se desarrollarán los trabajos necesarios que permitan validar, considerando todos los estándares y normas aplicables, los cambios de material realizados y/o en su defecto plantear modificaciones adicionales a las actuales configuraciones de la Líneas Interplanta”.

2 GENERALIDADES

2.1 ALCANCE

El presente documento establece los criterios y requerimientos técnicos para definir el trazado en el proyecto “Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE – MEL”.

Las especificaciones de diseño establecidas en este documento definen los criterios generales que deben ser usados, en complemento con los códigos y estándares que se indican en el punto 3 de este documento.

2.2 LÍMITES DE BATERÍA

El límite de batería establecido para los sistemas de transporte de Electrolito Pobre y Rico son los siguientes:

a) Electrolito Pobre.

Desde: Las boquillas de alimentación a bombas 3600-5PP-325/326/327/328 que salen desde el estanque 3600-5TAA-235 ubicado en el patio de estanques y reactivos EW. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

Hasta: La boquilla que alimenta al estanque 3500-5TAA-222 ubicado en el patio de estanques y reactivos SX. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

b) Electrolito Rico.

Desde: Las boquillas de alimentación a bombas 3500-5PP-278/279/280/281 que salen desde el estanque 3500-5TAA-221 ubicado en el patio de estanques y reactivos SX. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

Hasta: La boquilla que alimenta al estanque 3500-5TAA-236 ubicado en el patio de estanques y reactivos EW. Este estanque no es parte del alcance de este proyecto.

2.3 EXCLUSIONES

Están excluidos de este documento todos los aspectos del proyecto de estructuras metálicas y hormigón.

2.4 DEFINICIONES

En este documento se usarán los siguientes términos:

- a) Cliente: Se referirá a MINERA ESCONDIDA LTDA. (MEL) o su representante.
- b) Contratista: Se referirá a la parte responsable del suministro (supervisión de trabajos, mano de obra, materiales, maquinaria,

equipos, herramientas, insumos y otros) y todos los servicios necesarios para realizar los trabajos asociados a la construcción del trazado de los ductos para el proyecto “Cambio de Material Líneas Electrolito Interplanta a HDPE”.

- c) Ingeniero: Se referirá a quien designe el Cliente como Representante Técnico para realizar la revisión y supervisión técnica del proyecto.

2.5 COMUNICACIONES

Toda comunicación formal del proyecto, incluidos los planos y procedimientos, para el Contratista se realizará a través del Cliente y el Ingeniero.

2.6 IDIOMA

Todos los documentos y cálculos elaborados por el Ingeniero y por el Contratista, se harán usando el idioma español. Eventualmente los documentos y cálculos preparados por consultores y proveedores extranjeros podrán ser confeccionados en idioma inglés previa aprobación del Cliente.

2.7 SISTEMA DE UNIDADES

En el desarrollo de las memorias de cálculo, especificaciones técnicas y planos, será usado el Sistema Internacional de Unidades (SI). En caso de usar otro sistema de unidades, este se indicará entre paréntesis.

2.8 CONDICIONES AMBIENTALES

Las instalaciones y sus equipos deberán considerar las condiciones ambientales según el documento 0000-225-DC-0001 Rev.1 *General Site Conditions*.

2.9 VIDA ÚTIL

La vida útil del proyecto se encontrará definida por el material de tubería seleccionado para cada sistema de transporte. En el caso de que la tubería sea de HDPE, la vida útil corresponderá a 10 años y en el caso que se la tubería sea de acero al carbono revestidas con *Liner* de HDPE, la vida útil corresponderá a 25 años.

2.10 PRESENTACIÓN DE LOS PLANOS

Todos los planos serán presentados en formato A1 (863,3×558,6 mm).

2.11 CALIDAD

El Contratista deberá documentar, implantar y mantener un sistema de aseguramiento de calidad (QA), de acuerdo con los requisitos de este documento y con las siguientes normas de calidad:

- a) API Q1 Specification for Quality Programs.

- b) ISO 9001 – Quality systems - Model for quality assurance (QA) in design, development, production, installation and servicing.

La documentación relacionada con la garantía y control de calidad (QA/QC) del proyecto, deberá cumplir con los requisitos solicitados por el Cliente o el Ingeniero y estarán disponibles en todo momento para una revisión de los mismos.

El Contratista deberá considerar manuales e instrucciones que detallen las mantenciones de rutina, reparaciones, identificación de piezas y partes, planos eléctricos esquemáticos de control y toda información que se considere necesaria para una operación continua y segura.

3 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES

El diseño deberá estar de acuerdo con los códigos y estándares indicados en los puntos siguientes (3.1 y 3.2), en todo lo que no se contrapongan con lo indicado en el presente documento. Estas referencias no constituyen un listado exhaustivo ni excluyente. En caso de presentarse discrepancias entre los criterios recomendados por los códigos y estándares se adoptará el más estricto de ellos.

Las ediciones aplicables, revisiones y suplementos para todos los códigos y estándares mencionados deberán corresponder a la última publicación.

3.1 NORMAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO

Código	Organización
INN	Instituto Nacional de Normalización.
MOP	Manual de Carreteras, Dirección de Vialidad, Ministerio Obras Públicas.
ASME B31.4-12 Cap. XI	<i>Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries.</i>
AWWA M55,	<i>Manual PE Pipe – Design and Installation, referido a la edición 2006. American Water Works Association</i>
API	<i>Specification for Polyethylene Line Pipe (PE)", referido a la edición 2008. American Petroleum Institute</i>
API RP1102-2007	<i>Steel Pipelines Crossing Railroads and Highways, American Petroleum Institute.</i>

Tabla 1: Normas Básicas para el Diseño

3.2 NORMAS COMPLEMENTARIAS

Las normas señaladas en este punto son de referencia eventual, a fin de complementar o cubrir materias que no estén contempladas en las mencionadas en el punto 3.1.

Código	Organización
Ordenanza N° 1029	Instructivo sobre paralelismos y atravesos en caminos públicos, Ministerio de Obras Públicas.
OSHA 1926p	<i>Safety and Health Regulations for Construction.</i>
SEC - NSEG 5.71, Artículo 109.2	Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes.

Tabla 2: Normas Complementarias para el Diseño

4 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los trabajos que se describen en este documento deberán ser ejecutados de acuerdo a la normativa nacional vigente a fin de garantizar niveles adecuados de seguridad y calidad para el proyecto.

Los siguientes documentos trabajan en conjunto con el contenido de este criterio de diseño. Si hubiese discrepancias entre los documentos referenciados y este documento, se deberá solicitar aclaración al Cliente.

Código	Nombre Documento
0000-225-DC-0001 Rev.1	General Site Conditions
0000-210-DC-0001 Rev.0	<i>Civil Design</i>
Sin número	<i>Escondida Sulphide Leach Project – Geotechnical Report for the Feasibility Level Studies – Leaching Facilities – Final Report</i>
0000-215-DC-0001 Rev.0	Estructural
BPI17009-H-6000-DG001	Plano Pruebas Hidrostática - Electrolito Rico
BPI17009-H-6000-DG002	Plano Pruebas Hidrostática - Electrolito Pobre

Tabla 3: Documentos Referenciales

5 CONDICIONES GENERALES

5.1 TRAZADO

El trazado ira paralelo a línea existente minimizando su longitud, respetando los relieves topográficos y geotecnia, deberá indicar sectores que consideren formaciones rocosas, terrenos susceptibles a erosión por agua o viento, laderas susceptibles a corrimientos, terrenos con nivel freático alto, terrenos que se inunden temporalmente, terrenos colapsables, terrenos con baja capacidad portante y fallas geológicas.

El trazado deberá quedar señalizado a lo largo de la ruta, mediante el empleo de postes con letreros, según se indique en los planos de diseño. Además deberán señalizarse las obras especiales y los cruces importantes tales como caminos, quebradas y esteros.

El trazado se ajustará a los requerimientos de las servidumbres de paso y a los proyectos de atraviesos de cauces de agua natural, de caminos interiores, de líneas de ferrocarril y de líneas de alta tensión.

Además, para el diseño del trazado se considerarán las siguientes indicaciones:

- Todas las coordenadas estarán basadas en el sistema de coordenadas locales MEL. Mientras que las elevaciones estarán indicadas en metros sobre el nivel del mar (msnm).
- El punto cero del kilometraje de la línea de electrolito rico (km 0+000) comenzará en las coordenadas N 108.279,71 y E 21965.17 mientras que las coordenadas del término serán N 109.552,95 y E 13.632,66.
- El punto cero del kilometraje de la línea de electrolito pobre (km 0+000) comenzará en las coordenadas N 109.554,26 y E 13.632,72 mientras que las coordenadas del término serán N 108.279,05 y E 21.966,32.
- Los diámetros, espesores, material y revestimiento de los ductos serán los que se indican en los planos N° BPI17009-H-6000-DG001 y DG002, Planos de Pruebas Hidrostática de las líneas de Electrolito Rico y pobre respectivamente.

5.2 PENDIENTES LONGITUDINALES

No habrá restricciones con la pendiente o inclinación de la línea, sin embargo, no se podrán generar puntos bajos.

5.3 CURVADO DE CAÑERÍA

Se privilegiarán los radios de curvaturas naturales.

Para la tubería de acero, los curvados se ajustarán a los requerimientos entregados en la norma ASME B31.4, mientras que para la tubería de HDPE

En puntos de cambio de pendiente vertical, se deben desarrollar transiciones para asegurar 100% de contacto de la tubería y evitar puntos de apoyo singulares que puedan representar cargas puntuales

la curvatura estará de acuerdo con a las indicaciones del Manual AWWA M55.

5.3.1 Curvatura en frío de la tubería de acero con *liner* interior

Aunque la norma ASME B31.11 define el radio mínimo de curvatura dependiendo del diámetro de la tubería, debido a que esta llevará *liner* interior, se considerará como radio mínimo de curvatura 50 veces el diámetro nominal, $R \geq 50D$, el cual deberá ser verificado por el fabricante del *liner*. En la Tabla 4, se indica el valor del mínimo curvado en frío para la tubería a utilizar.

Tipo de Curvado	Radio (R) mínimo de curvatura	Radio (R) mínimo de curvatura recomendado
Curvado en frío Acero con <i>liner</i> interior	$R = 50 \times 24'' = 30,48 \text{ m}$	$R = 35 \text{ m}$

Tabla 4: Radio Mínimo de Curvatura en Frío a Utilizar

Además, no se permitirá la coincidencia de 2 vértices de doblado de curvas (PI) en un mismo segmento de tubería. En caso que se requiera combinar un curvado horizontal con uno vertical, en el PI se aplicará la ley de 1/3 (ángulo final = ángulo mayor + 1/3 ángulo menor).

5.3.2 Curvatura natural de la tubería de acero con *liner* interior

El radio de curvatura natural de la cañería de acero estará definido por la siguiente fórmula:

$$R = (3 \times E \times D) / (4 \times F \times S_y)$$

Donde:

E = Módulo de Elasticidad del material (MPa)

D = Diámetro de la cañería de acero (m)

S_y = Tensión de fluencia de la cañería de acero (MPa)

F = Factor de diseño de los ductos (0,8 en trazado común).

En la Tabla 5, se indica el mínimo valor de curvado natural de la tubería de concentrado a utilizar.

Tipo de Curvado	Radio (R) mínimo de curvatura	Radio (R) mínimo de curvatura recomendado
Curvado natural Acero con <i>liner</i> interior	$R = 777D = 777 \times 24'' = 474 \text{ m}$	$R = 500 \text{ m}$

Tabla 5: Radio Mínimo de Curvatura Natural a Utilizar

5.3.3 Curvatura de la tubería de HDPE

Cuando una línea de HDPE vaya paralela con una línea de acero con *liner* interior, la curvatura del trazado quedará definida por los puntos 5.3.1 y 5.3.2 de este documento (que corresponden a la curvatura más restrictiva). En los tramos donde irán dos tuberías de HDPE paralelas, se seguirán las recomendaciones del manual AWWA M55, por lo cual se considerará como radio mínimo de curvatura 30 veces el diámetro nominal, $R \geq 30D$. En la Tabla 6, se indica el valor del mínimo curvado para la tubería a utilizar.

Tipo de Curvado	Radio (R) mínimo de curvatura	Radio (R) mínimo de curvatura recomendado
Curvado HDPE	$R = 30 \times 28'' = 21,48 \text{ m}$	$R = 25 \text{ m}$

Tabla 6: Radio Mínimo de Curvatura Tubería HDPE

5.4 PISTA DE CONSTRUCCIÓN

Los requisitos generales para la definición de la pista de construcción serán los siguientes:

- Se considerará una plataforma excavada con bote al lado.
- La figura 1 muestra la pista de construcción, el ancho de la pista considera la zanja abierta para las dos tuberías, poder contener el desfile de la tubería, la fabricación de las líneas y el movimiento unidireccional de la maquinaria de construcción.

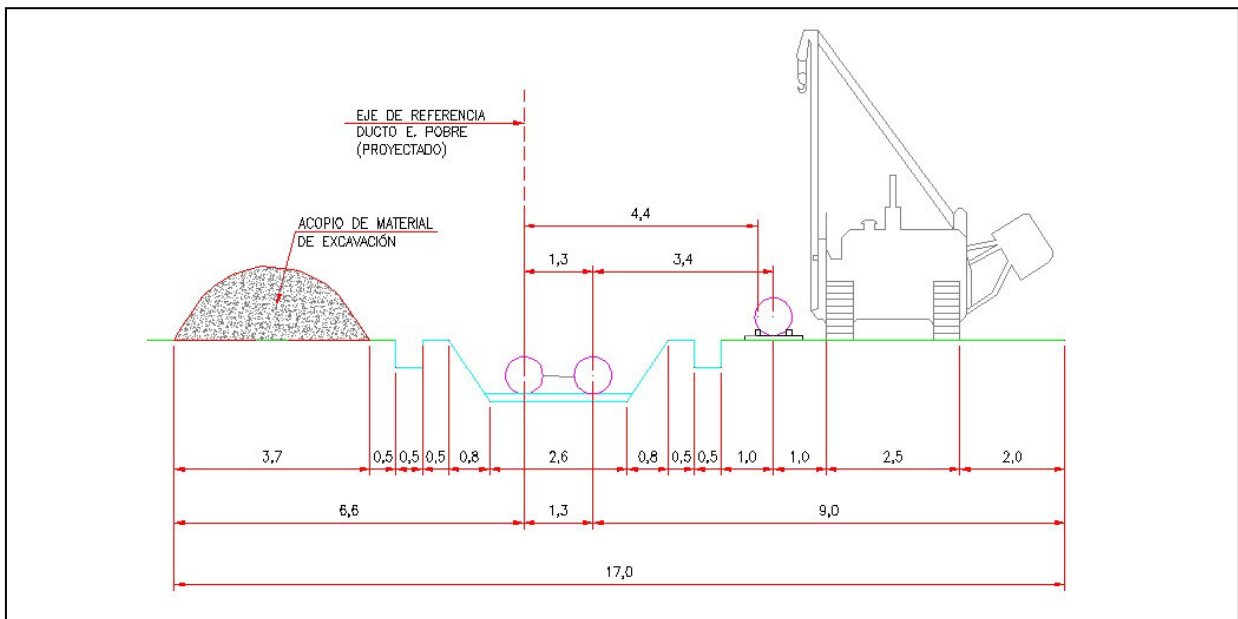


Figura 1: Pista Normal de Construcción

- c) Se considera que todos los tramos presentan un nivel aceptable de accesibilidad para el movimiento unidireccional de la maquinaria de construcción.
- d) Los radios mínimos de curvas horizontales y verticales de las plataformas quedan definidos por el radio de curvatura mínimo que permita el diámetro de la tubería.
- e) Para la construcción de la pista no se considerará una capa de pavimento. Sin embargo, la pista deberá presentar una superficie uniforme y un grado de compactación suficiente para un acceso expedito y seguro del tránsito de vehículos y maquinarias. En aquellos lugares donde la superficie de la pista es muy irregular (por ejemplo, roca o cubierta existente en mal estado), se deberá considerar una nivelación y/o relleno nivelador con material estabilizado.
- f) No se deberán considerar las vías de acceso existentes de la mina como parte de las faenas de construcción.
- g) La plataforma de la pista de construcción se proyectará con corte compensado, se privilegiará que la zanja de los ductos esté en material de corte y no en zona de relleno.
- h) Solo algunos tramos presentarán terraplenes y/o rellenos para nivelar la superficie de la pista y no generar puntos bajos. En estos casos, los materiales de relleno deberán ser inorgánicos, exentos de sustancias contaminantes (basura, aceites, desperdicios, etc.), libres de materia vegetal, escombros, terrones, trozos de roca o bolones degradables o deleznable. Se deberá emplear maquinaria mecanizada adecuada, capaz de lograr una compacidad mínima del 65% de la D.R. El espesor de la capa de relleno a compactar, deberá ser el máximo que permita la maquinaria a utilizar. Deberán especificarse pruebas en terreno para verificar este procedimiento, las que deberán ser aprobada por el Cliente antes de su implementación.
- i) El material excavado se utilizará como relleno de la plataforma y para el tapado de la cañería, no se considera material a botadero.
- j) Los taludes de corte y relleno de la pista de construcción deberán estar conforme con lo señalado en el estudio de geotecnia indicado en la Tabla 3 de este documento.
- k) El cálculo de los volúmenes de los movimientos de tierra serán realizados con el software CIVIL 3D de AUTODESK. No se considerarán esponjamientos ni tasas de compactación.

- l) En el caso de pendientes pronunciadas se deberá evitar que el material de la excavación se deslice por la pista para evitar daños a instalaciones existentes.

**Definir ancho
mínimo**

**Las pendientes deben estar controladas
por el diseño, las tuberías también son
suceptibles de deslizar, HSEC en el
diseño**

- m) Tanto en la definición del trazado como de la pista de construcción, se deberá reducir al mínimo el impacto sobre el medio físico y biológico, la alteración de los drenajes naturales y el potencial de erosión o inestabilidad del suelo, tanto inmediato como futuro. Se deberá respetar las características de los ecosistemas circundantes, evitando daños a la flora y fauna existentes en los alrededores del trazado. Una vez que se terminen las obras, se deberá considerar el retorno de las áreas a las condiciones originales o similares, manteniendo el equilibrio ecológico y disminuyendo los cambios en el paisaje.

5.5 ZANJA

Los requisitos generales para proyectar la zanja serán los siguientes:

- a) La Tabla 7 indica la cobertura mínima recomendada para la tubería.

Ubicación	Cobertura Mínima	Cobertura Mínima Recomendada
Área industrial (común)	300 mm	95 cm
Atravieso de caminos tránsito liviano	1.200 mm (ASME B31.4) 1.200 mm (API 1102) 1.200 mm (MOP)	120 cm
Atravieso de camino minero	2.500 mm	250 cm
Atravieso de vías férreas	1.200 mm (ASME B31.4) 1.800 mm (API 1102)	180 cm
Atravieso de Cursos de Agua (ver nota)	1.200 mm (ASME B31.4)	120 cm

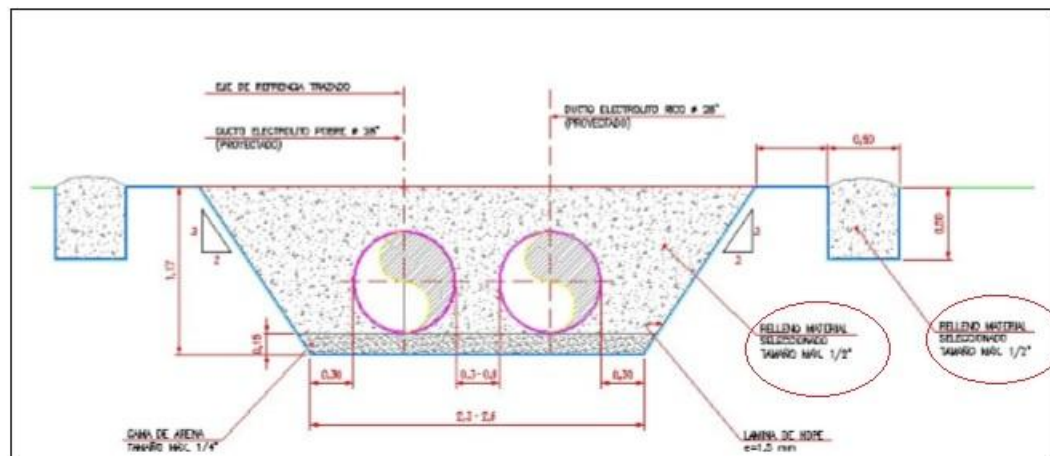
Nota: La cobertura mínima recomendada deberá cotejarse con los resultados de un Estudio de Hidrología y Cálculo de Socavaciones.

Tabla 7: Cobertura mínima de la tubería

- b) La distancia mínima de las tuberías al borde de la zanja será igual a 30 cm. El espacio libre mínimo entre las cañerías será de 30 cm y en el tramo donde haya una línea de acero con liner interior y una tubería de HDPE, el espacio libre será de 60 cm, esto para facilitar el empernado de los flanges.
- c) La zanja ira recubierta en toda la superficie con una geomembrana de HDPE de 1,5 mm de espesor, la cual irá anclada en los bordes superiores de la zanja.
- d) En el fondo de la zanja se colocará una cama de arena o suelo de granulometría similar con un espesor de 15 cm, compuesto de material

libre de piedras y raíces. La cobertura se considerará hasta una altura de 30 cm por sobre la generatriz superior de los ductos, este relleno corresponderá a un suelo libre de piedras sueltas, material orgánico u otros materiales que pueden dañar al recubrimiento de la cañería o la cañería misma.

- e) Los taludes de corte y relleno de la zanja estarán de acuerdo a lo señalado en el estudio de geotecnia, indicado en la tabla 3 de este documento.
- f) Una sección típica para la zanja se muestra en la figura 2.
- g) El nivel de compactación del relleno de suelo común debe ser al 100% de la D.M.C.S. dada por el ensayo próctor normal no controlado.



relleno suelo común o relleno seleccionado

Figura 2: Sección Zanja Típica

5.6 EXCAVABILIDAD

El uso de explosivos para la excavación de la plataforma y zanja será aceptado sobre la base de un procedimiento especial en zonas donde no existan instalaciones o líneas existentes susceptibles de ser dañadas o interrumpida su operación normal. En estos sectores se preferirá la realización de remoción mecánica del material para la construcción de la plataforma o zanja.

En aquellos sectores donde los planos no especifiquen taludes, se utilizarán los indicados en el estudio de geotecnia del proyecto (Tabla 3 de este documento).

5.7 ATRAVIESOS

5.7.1 Recomendaciones de diseño para atravesos de caminos, líneas de FF.CC., quebradas y servicios existentes

La ubicación de los atravesos y cruces deberán considerar los siguientes aspectos:

- a) Se deberá realizar en áreas de topografía poco accidentada. Si no fuera posible atender esta recomendación, se deberá realizar un estudio económico que compare las siguientes alternativas:
 1. Desviaciones de trazado.
 2. Ejecución movimientos de tierra adicionales, o bien, de otros trabajos complementarios.
- b) Se deberán respetar los radios mínimos de curvatura indicados en las Tablas 4, 5 y 6 de este documento. Se deberá evitar el uso de curvas y contracurvas (denominadas *over* y *sag*). Se recomienda utilizar curvatura natural de la cañería.
- c) En el caso de dudas sobre la existencia de interferencias subterráneas, se deberá realizar un sondeo de excavación de calicatas a lo largo del atraveso.
- d) Para las faenas de construcción de los ductos siempre deberá considerarse comportamiento elástico de la línea.
- e) La intersección del eje del trazado con respecto al eje de la carretera, ferrocarril o del accidente natural en lo posible deberá ser en 90°, de manera a considerar la menor longitud posible.
- f) Cerca del atraveso o cruce se considerarán tramos rectos para instalar los ductos.
- g) Acceso expedito para los trabajos de construcción y mantención.
- h) Disponibilidad de espacio para un eventual almacenamiento y revestimiento de la cañería.
- i) Considerar futuros proyectos de ampliación.
- j) Necesidad de trabajos especiales.
- k) Cumplimiento de las normas y recomendaciones del dueño o del organismo responsable por la carretera, ferrocarril o curso de agua.
- l) Preferir zonas no expuestas a inundación.

En el diseño del atraveso y cruces con otras instalaciones deberán ser observados los siguientes puntos:

Se recomienda que los atravesos sean rectos para evitar interferencias al interior de las camisas de protección

- a) Cuando se especifique protección por camisa de acero, se deberá elegir un tramo de la carretera o de la vía férrea que esté cerca de la transición entre el corte y relleno del terraplén, evitando así, movimientos de tierra excesivos y curvas verticales innecesarias.
- b) De preferencia se deberá estudiar la posibilidad de realizar el cruce a través de estructuras y/o puentes existentes.
- c) En las intersecciones de rutas con alto tráfico de vehículos se deberá utilizar métodos de perforación de suelo.
- d) En el cruce con una línea de transmisión eléctrica, los ductos deberán pasar perpendicularmente a la línea de transmisión, por el centro del espacio entre las dos torres o postes, sin interferir con sus cables de conexión a tierra.
- e) La distancia mínima entre los ductos y los cables de una malla a tierra deberá ser de 3 m.
- f) Se deberá evitar el uso de explosivos en las proximidades de otro ducto o una línea de transmisión eléctrica, supeditando su uso a la aprobación y supervisión de la compañía que opera el sistema.
- g) En los cruces con otras líneas o cañerías es preferible que los ductos proyectados pasen por debajo de ellas, evitando que en futuras intervenciones en esas líneas, haya excavaciones al nivel de los ductos, sin embargo, no se deberán generar puntos bajos.
- h) Las distancias (holguras) verticales y horizontales entre los ductos y la interferencia a cruzar deberán ser suficientes para permitir la mantención los ductos y de la estructura que constituye la interferencia.
- i) En los atraviesos de caminos que sean ejecutados a cielo abierto, sin el uso de camisa de acero, se deberá profundizar la zanja o colocar protección mecánica de hormigón prefabricado según el punto 5.9.5 de este documento.

El método de construcción para realizar el atraveso de los ductos deberán tener en cuenta las normas y recomendaciones del propietario de la carretera, ferrocarril o línea de transmisión, además de los siguientes aspectos:

- a) Profundidad y longitud del cruce.
- b) Tipo de suelo.
- c) Intensidad de tráfico.
- d) Posibilidad de desviación del tráfico.
- e) Disponibilidad de área para la instalación de equipos auxiliares.

- f) Nivel de las aguas subterráneas.
- g) Ocurrencia de inundaciones estacionales.
- h) Evaluación de riesgos ambientales relacionados al método empleado.

Para realizar los atravesos, se aceptarán los siguientes métodos:

- a) Zanja: Ejecución de una excavación a cielo abierto a través de la carretera, ferrocarril, curso de agua, etc. (método destructivo).
- b) Perforación por *boring machine*: Introducción de una camisa de acero bajo la rasante de la carretera o ferrocarril con la ayuda de una fuerza de hincado y a través de un orificio previamente perforado con taladro (*boring machine*).
- c) Hincado (*percussive moling*): Introducción de una camisa de acero bajo la rasante de la carretera o ferrocarril por fuerza de percusión sin la ejecución previa de un agujero; se utiliza preferentemente para atravesos cortos en suelos compatibles.
- d) Túnel: Aplicación de una excavación con sección en arco bajo la rasante de una carretera o ferrocarril.

5.7.2 Recomendaciones de diseño para atravesos de cruces de quebradas

Las recomendaciones de este punto son complementarias a las indicaciones del punto 5.8.1 de este documento, además de los siguientes aspectos:

- a) Para evitar la contaminación de las aguas del cauce, el atraveso se realizará sobre éste mediante un terraplén compactado al 90% de D.M.C.S según el ensaye Proctor Modificado. Se deberá excavar una canal para encauzar la quebrada y se instalarán cañerías de HDPE corrugadas las cuales deberán ser calculada para el máximo flujo probable en 100 años.
- b) El atraveso se deberá proyectar en zonas con orillas muy bien definidas, lechos estables y permanentes.
- c) Se deberá considerar una longitud mínima del atraveso.

5.8 CONDICIONES ESPECÍFICAS

5.8.1 Señalización

5.8.1.1 Letreros kilométricos

Se deberán instalar un letrero indicador de distancia por cada 1.000 m de longitud de los ductos.

5.8.1.2 Letreros en cruces y atravesos

Se deberán instalar letreros situados sobre los ductos, en los atravesos de: caminos, líneas de ferrocarril, otros ductos, cables eléctricos/comunicación y quebradas.

5.8.1.3 Letreros de señalización aérea

Se deberán considerar postes con cubierta para señalización aérea espaciados a cada 5 kilómetros.

5.8.2 Protección mecánica por camisa de acero

La selección del espesor mínimo de la cañería que se usará como camisa deberá estar de acuerdo al anexo C del documento API RP 1102 *Steel Pipelines Crossing Railroads and Highway*.

La camisa deberá tener un recubrimiento anticorrosivo. La camisa deberá ser instalada con una pendiente mínima de 1% hacia el lado del atraveso que tenga la mejor condición de drenaje.

La camisa deberá ser instalada con una pendiente mínima del 1% hasta el lado del cruce que tenga la mejor condición de drenaje.

La instalación de la camisa en cruces bajo vías deberá cumplir las siguientes pautas:

- Se deberá utilizar cañerías con revestimiento de hormigón o centralizadores de HDPE o similares para evitar el contacto directo con la camisa, facilitando su introducción al interior.
- Los extremos de la camisa deberán ser sellados con “poliuretano inyectado” y tapón de lana de vidrio o arpillera para evitar la infiltración de agua y de sólidos finos en su interior.
- Se deberá considerar limpieza interna de la camisa, así como el libre paso por su interior.

Después de la instalación de la camisa, el fondo de la zanja adyacente a cada extremo de la camisa deberá ser nivelado y compactado para garantizar un apoyo firme y permanente para el ducto.

5.8.3 Protección mecánica por hormigón prefabricado

En los atravesos de vías que presenten cargas pesadas por el tráfico de vehículos pesados, se deberá dar al ducto protección mecánica adicional. La protección corresponderá a losetas de hormigón prefabricado con las siguientes dimensiones mínimas: ancho igual al diámetro del ducto más 10 cm por cada lado, con espesor de 7 a 10 cm y largo de 50 cm.

El material de relleno estructural descrito en la lámina 5.206-1 del vol 5 del MdeC, se aplica para:

- Espacios excavados no ocupados por obras
- Relleno en sobreexcavaciones
- Respaldo de muros de estribos de puentes

Ninguna de estas aplicaciones corresponde al presente diseño, se solicita una verificación estructural del conjunto "Camisa + Relleno estructural".

Además de garantizar el comportamiento estructural del sistema, también debe entregar el parámetro de control para la etapa de construcción del relleno, deformación admisible máxima, el que será controlado topográficamente.

5.8.4 Relleno de zanja en los atraviesos

Se deberá considerar una compactación por capas del material de relleno de la zanja y reposición de la carpeta de rodado en condiciones similares a las originales. Se deberá considerar el efecto de la reducción de la desviación diametral de la cañería (o de la camisa).

5.8.5 Paralelismo a Líneas Eléctricas de Alta Tensión

En caso de ser necesario, los ductos podrán disponerse en paralelismo a líneas eléctricas de alta tensión, existentes o proyectadas.

En la Figura 3 y Tabla 8 se muestran las recomendaciones de distancias mínimas entre las líneas de eléctricas de alta tensión y los ductos para evitar métodos especiales de protección de corrientes erráticas.

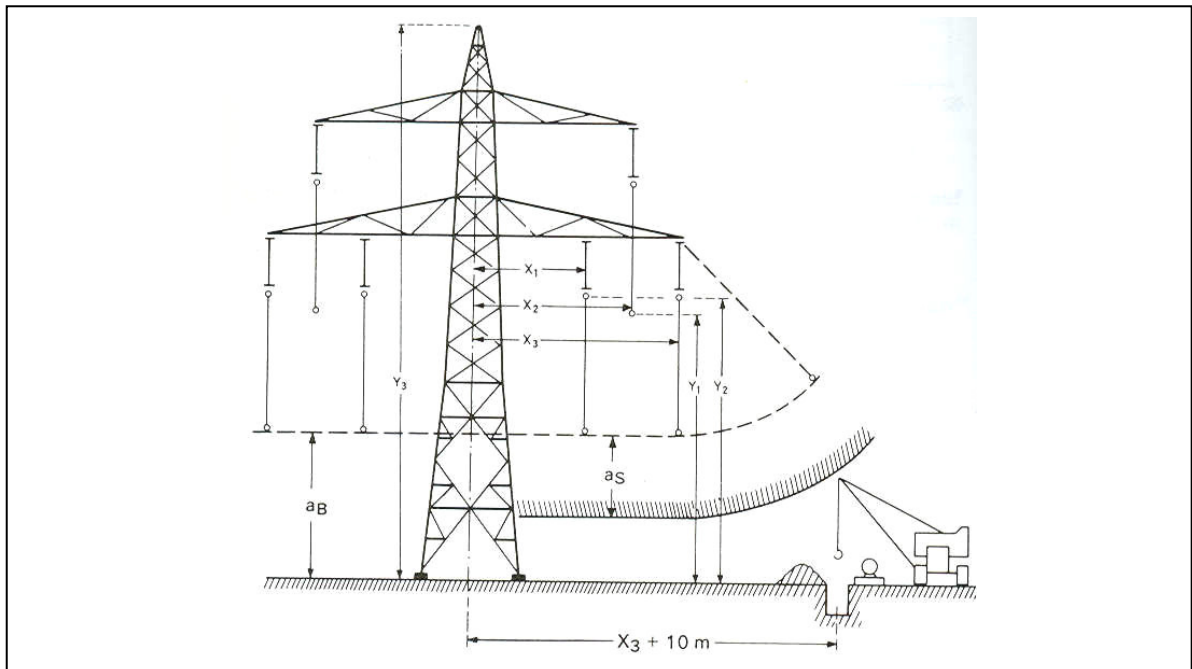


Figura 3: Distancias a la Cañería desde Torre de Alta Tensión

Largo [m]	110 [kV]	220 [kV]	380 [kV]
X1	3,2	5,2	8,6
X2	5,1	7,8	12,1
X3	7,0	10,4	15,6
Y1	10,0	12,8	17,5
Y2	14,5	19,8	29,5
Y3	22,0	31,5	48,0
aB	6	6,75	7,8
aS	5	5	5

Tabla 8: Distancias a la Cañería desde Torre de Alta Tensión

En todo caso, estas recomendaciones no descartan la necesidad de protección catódica en la cañería.