



**Catálogo de Productos  
Polietileno de Alta Densidad  
para conducción de Agua  
Potable y Riego**



# TIGRE.

## Comprometidos a entregar siempre productos de alta calidad.



Con una trayectoria de 80 años, Tigre es una multinacional brasileña con fuerte presencia internacional, líder en soluciones para la construcción civil. La empresa ofrece una amplia cartera de productos que crece cada año.

Nos impulsa cuidar el agua para transformar la calidad de vida de las personas. Somos la empresa que transforma su experiencia con el agua más allá de la obra, a través de las mejores soluciones del mercado.

Los productos se venden en más de 90 mil puntos de venta en Brasil y en el extranjero. Presente en aproximadamente 30 países, cuenta con más de 5 mil empleados, 9 plantas en Brasil y 13 en el extranjero.

 0800 999 8447

 [tigre.com.ar](http://tigre.com.ar)  TigreArgentina  TigreArgOficial  Tigre Argentina

**TIGRE**   
Si instaló Tigre, esté tranquilo.

# ÍNDICE

Función .....	04
Ventajas .....	05
Propiedades del PEAD .....	06
Resistencia a los productos químicos .....	08
Consideraciones de diseño para tuberías PEAD .....	10
Proyecto Estructural .....	16
Deformación Diametral .....	17
Sección tipo instalación tubería .....	18
Transporte, Manipulación y Almacenamiento .....	18
Consideraciones para la instalación de tuberías de PEAD .....	19
Sistemas de unión para tuberías de PEAD .....	20
Unión por temperatura con Electrofusión .....	21
Unión por Termofusión .....	22
Pruebas hidráulicas de campo .....	24
Ciclo genérico de unión por fusión a tope PEAD .....	25
Catálogo de productos .....	26
Garantía .....	27

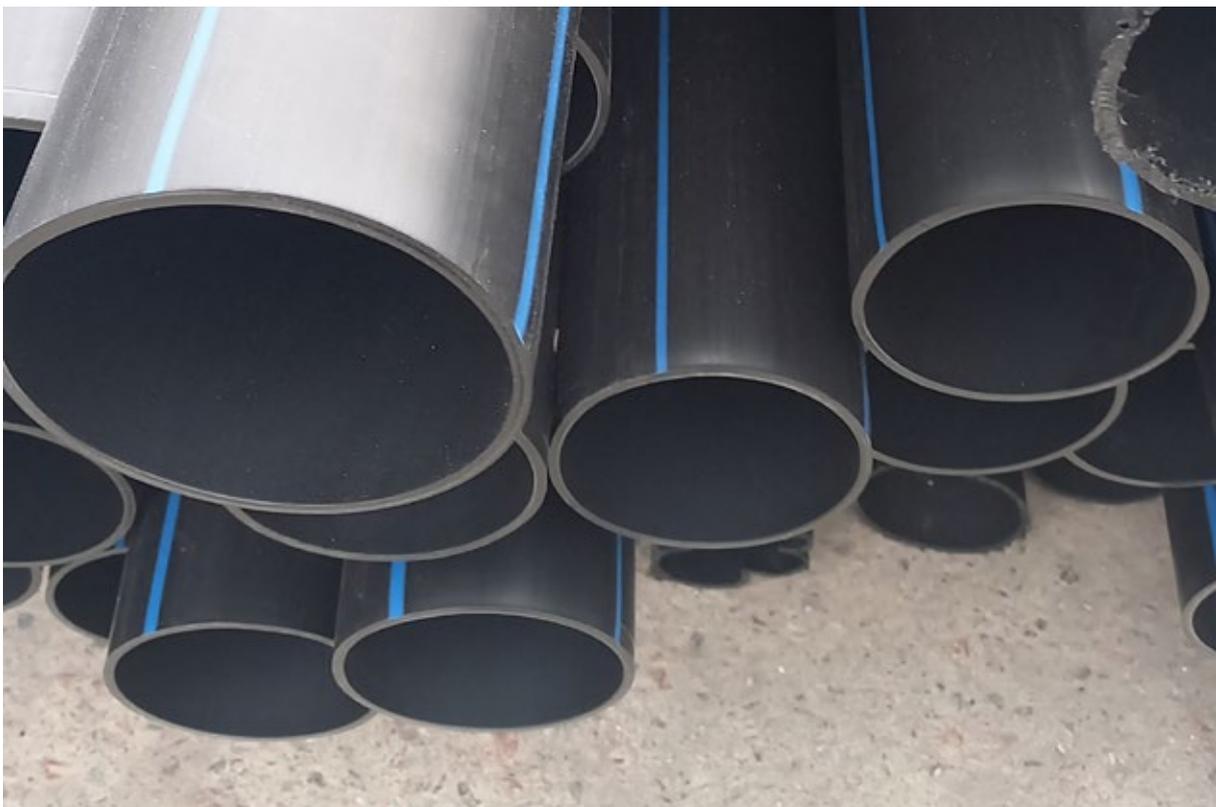
## Función

La línea de tuberías Tigre PEAD es utilizada para el transporte de agua en sistemas enterrados de aducción y distribución de agua. También es utilizada para transporte de líquidos en instalaciones industriales y mineras. Es posible también su utilización en sistemas expuestos con tuberías de color negro.

## Usos y aplicaciones

Las tuberías de PEAD pueden ser utilizadas en los siguientes tipos de instalaciones:

- Sistemas de aducción y redes de distribución de agua potable.
- Acueductos
- Conducción de residuos industriales y químicos.
- Conducción de fluidos generados por la industria petrolera.
- Conducción de relaves y riego de pilas de lixiviación (Planta mineras).
- Riego tecnificado.
- Protección de cables eléctricos y telefónicos.
- Impulsiones cloacales
- Sistemas de combate contra incendio enterrados.
- Jaulas para el cultivo de salmones.

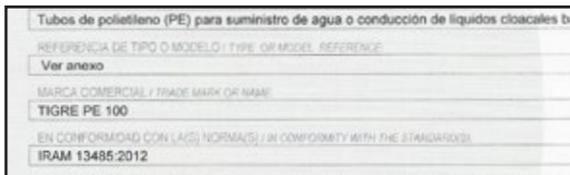


# Certificaciones

El sistema de gestión de calidad de Tigre Argentina cuenta con la certificación ISO 9001 otorgada por el Instituto De Racionalización Argentino De Materiales (IRAM). Esto significa que la empresa cumple con todas las exigencias que plantean las normas ISO para la gestión industrial como comercial y administrativa. Garantizando que quienes especifican, instalan y utilizan el sistema Tigre PEAD recibirán siempre la calidad de productos y servicios exigidos por todas las normas que Tigre Argentina se ha comprometido a respetar y cumplir.

Los tubos PEAD Tigre están fabricados de acuerdo con las normas:

- IQNet ISO 9001 (2015) - Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos
- IRAM 13485 - Tubos de polietileno (PE) para suministro de agua o conducción de líquidos cloacales bajo presión. Requisitos.  
Esta norma corresponde a la versión nacional de la norma ISO 4427.



# Ventajas

## ATOXICIDAD

El uso de Tubos de PEAD ha sido probado en el transporte de agua potable por todas las normativas internacionales. Dicho material responde a todas las prescripciones higiénicas relacionadas a los acueductos como también a las normativas relacionadas a los materiales que vienen en contacto con alimentos; todo está favorecido por la completa ausencia de sabor y olor del material mismo.

## RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Mientras que en condiciones normales de uso los tubos de acero han logrado resultados aceptables en el campo industrial, los tubos de plástico han sustituido ventajosamente a los tubos de acero que estaban expuestos a una fuerte erosión. Pruebas comparativas han demostrado que existe una marcada diferencia de erosión.

## PROPIEDADES ELÉCTRICAS

El Polietileno es un óptimo aislante por su estructura no polar, característica notable utilizada en diferentes aplicaciones. Además, la elevada resistividad del volumen superficial hace que el material no sufra en lo mínimo por las corrientes parásitas.

## RESISTENCIA A LOS SISMOS

Se ha podido establecer, después de analizar los efectos de terremotos ocurridos en varias partes del mundo, que el tubo de PEAD, aprovechando su mayor propiedad de elasticidad en comparación de los materiales tradicionales como fierro fundido, acero, fibra resina, etc., resulta menos vulnerable para la distribución de: agua potable, gaseoductos, alcantarillados civiles e industriales, en zonas clasificadas como sísmicas.

## DESEMPEÑO HIDRÁULICO

Debido a su bajo coeficiente de rugosidad, el PEAD es un excelente material para el transporte de líquidos con una baja pérdida de carga en tramos largos.

## ESTANQUEIDAD

Debido a sus características, que permiten realizar una unión por fusión, la tubería de polietileno representa uno de los sistemas más estancos que existen.

## TEMPERATURAS DE TRABAJO

El rango de temperaturas de trabajo recomendado para el polietileno es de -40°C hasta 60°C. Es un material muy resistente a las bajas temperaturas lo que lo hace muy versátil.

## ADEMÁS SE PUEDE DESTACAR

- > Bajo peso y facilidad de manipulación.
- > Rapidez de instalación.
- > Menor número de uniones.
- > Eliminación de pintura o recubrimientos de cualquier tipo para protección contra corrosión.
- > Costos generales inferiores a los sistemas tradicionales.
- > Mayor durabilidad.
- > Óptima soldabilidad.
- > Elevada resistencia al impacto.
- > Elevada resistencia al stress-cracking.
- > Bajo efecto de incrustación.
- > Elevada vida útil.

# Propiedades del Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

La materia prima utilizada para la producción de tuberías de PEAD es 100% virgen y cumple con la clasificación de MRS tal y como lo exige la norma ISO 4427 y que representa el comportamiento del material a largo plazo. Es importante entender los siguientes conceptos:

## ➤ Mínima Resistencia Requerida (MRS por sus siglas en ingles).

El MRS es determinado mediante la realización de un análisis de regresión de acuerdo al ensayo establecido en la norma ISO 9080 que entrega datos de acuerdo a las pruebas de presión a largo plazo. Dicho análisis permite predecir la resistencia mínima para una vida útil específica. Los datos son extrapolados para predecir la resistencia mínima a 20°C y a la vida útil de diseño de 50 años.

## ➤ Tensión de Diseño ( TS).

Corresponde a la tensión Tangencial Admisible que se obtiene de dividir la mínima resistencia requerida por un factor de seguridad C, denominado coeficiente de diseño, y que de acuerdo con la normativa de diseño ISO para el caso de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) adopta un valor de C = 1,25.

MRS (MPa)	Designación Material	Tensión de Diseño ( $\sigma_s$ )
8,0	PE 80	6,3
10,0	PE 100	8,0

## ➤ Relación Dimensional Estándar (SDR).

Es la relación del diámetro nominal exterior y el espesor nominal de pared.

$$SRD = \frac{Dn}{e}$$

## ➤ Presión Nominal (PN).

Para tubería plástica para transporte de agua corresponde a la máxima presión continua de operación expresado en bares con agua a 20°C durante los 50 años de vida útil de diseño.

## ➤ Presión de Operación Máxima (POM).

Es la presión máxima efectiva del líquido transportado expresado en bares (bar) para uso continuo. Se determina por la siguiente ecuación:

$$POM = \frac{20 (MRS)}{C \times ((SDR) - 1)}$$

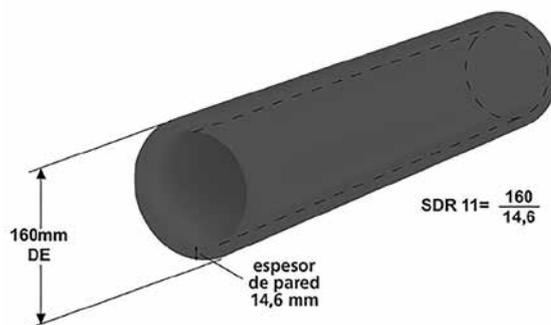
donde:

PN: Presión Nominal (MPa)

DN: Diámetro Externo (mm)

$\sigma_s$ : Tensión de Diseño (MPa)

1 MPa = 10 bar = 10 Kg/cm<sup>2</sup>



Las principales características técnicas de las resinas utilizadas por Tigre en la fabricación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad son las que se muestran a continuación:

**Especificaciones Técnicas resina PE 80 PE 100**

Propiedad	Valor medio	Valor medio	Unidad	Método de prueba
Densidad (materia prima)	945	950	Kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183
Densidad (compuesto negro)	955	960	Kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183
Índice de Fluidez 190°C/2	0.12	0.1	g/10 min	ISO 1183
Índice de Fluidez 190°C/%	0.44	0.4	g/10 min	ISO 1183
Contenido Negro de Humo	>2	>2	%	ASTM D 1603
Tensión de tracción a la fluencia	22	23	MPa	ISO 6259
Elongación a la ruptura	>600	>600	%	ISO 6259
Módulo de Elasticidad	1.000	1.400	MPa	ISO 527
Dureza Shore D	30	59	-	ISO 868
Coefficiente de dilatación lineal (20 - 90° C)	0.2	0.2	mm/(m°C)	ASTM D 696
Conductividad Térmica (20°C)	0.4	0.4	W/(m°K)	DIN 52612
Estabilidad Térmica	15	15	min	EN 728



## Resistencia a los productos químicos

La resistencia del Polietileno de Alta Densidad a las sustancias químicas ha sido evaluada en diferentes trabajos con éxito total. La resistencia ha sido evaluada en función del comportamiento de una probeta de PEAD sumergida en el fluido en mención a 20 y 60 grados centígrados. La evaluación final está esquematizada de la siguiente manera según la tabla:

Esta información debe utilizarse SOLO COMO GUÍA

Abreviaciones: S: Satisfactorio / L: Posible aplicación limitada / I: Insatisfactorio / --: No probado

Concentración: Sat.sol.= Solución acuosa preparada a 20°C (68°F) / Sol.= Solución acuosa con concentración sobre 10% pero debajo del nivel de Saturación / Dil.sol.= Solución acuosa diluida con concentración debajo del 10% / Cust.conc.= Servicio concentración normal

Medio	Concentración	Resistencia 20°C(68°F)	Resistencia 60°C(140°F)
Aceites y Grasa	....	S	L
Acetato Amílico	100%	S	L
Acetato de Plata	Sat.sol.	S	S
Acetato Etilico	100%	S	I
Acetona	100%	L	L
Ácido Acético	100%	S	L
Ácido Acético	10%	S	S
Ácido Acéticoglacial	96%	S	L
Ácido Adípico	Sat.sol.	S	S
Ácido Anhídrico Acético	100%	S	L
Ácido Arsénico	Sat.sol.	S	S
Ácido Benzoico	Sat.sol.	S	S
Ácido Bórico	Sat.sol.	S	S
Ácido Butírico	100%	S	L
Ácido Hidrofluórico	60%	S	L
Ácido Láctico	100%	S	S
Ácido Maleico	Sat.sol.	S	S
Ácido Nicotínico	Dil.sol.	S	....
Ácido Nítrico	25%	S	S
Ácido Nítrico	50%	S	I
Ácido Nítrico	75%	I	I
Ácido Nítrico	100%	I	I
Ácido Oleico	100%	S	L
Ácido Ortofosfórico	50%	S	L
Ácido Ortofosfórico	95%	S	L
Ácido Oxálico	Sat.sol.	S	S
Ácido Pírico	Sat.sol.	S	....
Ácido Propiónico	50%	S	S
Ácido Propiónico	100%	S	L
Ácido Salicílico	Sat.sol.	S	S
Ácido Sulfúrico	50%	S	S
Ácido Sulfúrico	98%	S	I
Ácido Sulfúrico	Fuming	I	I
Ácido Sulfuroso	30%	S	S
Ácido Tánico	Sol.	S	S
Ácido Tartárico	Sol.	S	S
Agua	....	S	S
Alcohol Alílico	96%	S	S
Alcohol Amílico	100%	S	L
Aluminio	Sol.	S	S
Amoniaco Acuoso	Dil.sol	S	S
Amoniaco Gaseoso Seco	100%	S	S
Ammonia Liquida	100%	S	S

Medio	Concentración	Resistencia 20°C(68°F)	Resistencia 60°C(140°F)
Ácido Cítrico	Sat.sol.	S	S
Ácido Cloroacético	Sol.	S	S
Ácido Cresílico	Sat.sol.	L	....
Ácido Crómico	20%	S	L
Ácido Crómico	50%	S	L
Ácido Fluorosilico	40%	S	S
Ácido Fórmico	50%	S	S
Ácido Fórmico	98-100%	S	S
Ácido Hidrobrómico	50%	S	S
Ácido Hidrobrómico	100%	S	S
Ácido Hidrociánico	10%	S	S
Ácido Hidroclórico	10%	S	S
Ácido Hidroclórico	35%	S	S
Ácido Hidrofluórico	4%	S	S
Ciclohexanona	100%	S	L
Clorato de Calcio	Sat.sol.	S	S
Clorato de Potasio	Sat.sol.	S	S
Clorato de Sodio	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Metileno	100%	L	....
Clorhídrido (II) de Zinc	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido (IV) de Zinc	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Bario	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Calcio	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Cobre	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Magnesio	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Mercurio	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Níquel	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Potasio	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Sodio	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido de Tionil	100%	L	I
Clorhídrido Férrico	Sat.sol.	S	S
Clorhídrido Ferroso	Sat.sol.	S	S
Cloroformo	100%	I	I
Cloruro de Aluminio	Sat.sol.	S	S
Cloruro de Amonio	Sat.sol.	S	S
Cromato de Potasio	Sat.sol	S	S
Cianuro de Mercurio	Sat.sol	S	S
Cianuro de Potasio	Sol.	S	S
Cloro. Gaseoso Seco	100%	L	I
Cloro. Solución Acuosa	Sat.sol.	L	I
Decahidronaptaleno	100%	S	L
Desarrollador Fotográfico	Cust.conc.	S	S
Dextrina	Sol.	S	S

Medio	Concentración	Resistencia 20°C(68°F)	Resistencia 60°C(140°F)
Anilina	100%	S	L
Antimonio Triclorídrico	90%	S	S
Agua Regia	HCl-HN033/1	I	I
Benzaldeido	100%	S	L
Benzeno	-	L	L
Benzoato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Bicarbonato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Bicarbonato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Bifosfato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Bisulfato De Potasio	Sol.	S	S
Bisulfuro De Sodio	Sol.	S	S
Bórax	Sat.sol.	S	S
Bromato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Bromuro De Potasio	Sat.sol.	S	S
Bromuro De Sodio	Sat.sol.	S	S
Bromo. Gaseoso Seco	100%	I	I
Bromo. Líquido	100%	I	I
Butano. Gaseoso	100%	S	S
1-butanol	100%	S	S
Carbonato De Bario	Sat.sol.	S	S
Carbonato De Calcio	Sat.sol.	S	S
Carbonato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Carbonato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Carbonato De Zinc	Sat.sol.	S	S
Cerveza	-	S	S
Cianuro De Plata	Sat.sol.	S	S
Cianuro De Sodio	Sat.sol.	S	S
Ciclohexanol	100%	S	S
Hidróxido De Potasio	10%	S	S
Hidróxido De Potasio	Sol.	S	S
Hidróxido De Sodio	40%	S	S
Hidróxido De Sodio	Sat.sol.	S	S
Hipoclorito De Potasio	Sol.	S	S
Hipoclorito De Sodio	15%	S	L
Lead Acetate	Sat.sol.	S	S
Leche	-	S	-
Melaza	-	S	S
Mercurio	-	S	S
Metanol	100%	S	S
Monóxido Carbónico	100%	S	S
Nitrato De Amonio	100%	S	S
Nitrato De Calcio	Sat.sol.	S	S
Nitrato De Cobre	Sat.sol.	S	S
Nitrato De Magnesio	Sat.sol.	S	S
Nitrato De Mercurio	Sat.sol.	S	S
Nitrato De Níquel	Sol.	S	S
Nitrato De Plata	Sat.sol.	S	S
Nitrato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Nitrato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Nitrato Férrico	Sat.sol.	S	S
Nitrio De Sodio	Sol.	S	S
Ortofosfato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Ortofosfato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Óxido De Zinc	Sat.sol.	S	S
Oxígeno	Sat.sol.	S	S
Ozono	100%	S	L
Perclorato De Potasio	100%	L	I
Permanganato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Potasio	20%	S	S
Peróxido De Hidrógeno	30%	S	L
Peróxido De Hidrógeno	90%	S	I
Persulfato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Petróleo (Kerosene)	-	S	L

Medio	Concentración	Resistencia 20°C(68°F)	Resistencia 60°C(140°F)
Dicromato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Dioclipitalano	100%	S	L
Dioxano	100%	S	S
Dióxido Carbónico. Gaseoso Seco	100%	S	S
Dióxido Sulfúrico. Seco	100%	S	S
Disulfide De Carbón	100%	L	I
Etanol	40%	S	L
Eter Dietílico	100%	L	-
Ethanediol	100%	S	S
Ferrocianuro De Potasio	Sat.sol.	S	S
Ferricianide De Sodio	Sat.sol.	S	S
Ferrocianide De Potasio	Sat.sol.	S	S
Ferrocianide De Sodio	Sat.sol.	S	S
Fluorhidrido De Potasio	Sat.sol.	S	S
Fluorine. Gaseoso	100%	I	I
Fluoruro De Aluminio	Sat.sol.	S	S
Fluoruro De Amonio	Sol.	S	S
Fluoruro De Sodio	Sat.sol.	S	S
Formaldeido	40%	S	S
Furfuryl Alcohol	100%	S	L
Glicerina	100%	S	S
Glicol	Sol.	S	S
Glucosa	Sat.sol.	S	S
Heptano	100%	S	I
Hidrógeno	100%	S	S
Hidróxido De Bario	Sat.sol.	S	S
Hidróxido De Magnesio	Sat.sol.	S	S
Phenol	Sol.	S	S
Pyridine	100%	S	L
Quinol (Hidroquinone)	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Aluminio	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Amonio	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Bario	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Calcio	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Cobre	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Níquel	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Potasio	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Sodio	Sat.sol.	S	S
Sulfato De Zinc	Sat.sol.	S	S
Sulfato Férrico	Sat.sol.	S	S
Sulfato Gerroso	Sat.sol.	S	S
Sulfide De Bario	Sol.	S	S
Sulfide De Calcio	Dil.sol.	L	L
Sulfide De Hidrógeno. Gaseoso	100%	S	S
Sulfide De Sodio	Sat.sol.	S	S
Sulfito De Amonio	Sol.	S	S
Sulfito De Potasio	Sol.	S	S
Tetraclorhidróxido Carbónico	100%	L	I
Tolueno	100%	L	I
Troclorido Fosforoso	100%	S	L
Triclorhidrido De Etileno	100%	I	I
Trietilamina	Sol.	S	L
Trióxido Sulfúrico	100%	I	I
Urea	Sol.	S	S
Urina	-	S	S
Vinagre De Vino	-	S	S
Vinos Y Licores	-	S	S
Xilenos	100%	L	I
Yeast	Sol.	S	S

# Consideraciones de diseño para tuberías PEAD

## Ecuaciones para el diseño hidráulico de tuberías

Un flujo a través de tuberías se puede catalogar bajo presión o como un sistema de escurrimiento en superficie libre. En ambos casos, las tuberías de polietileno de alta densidad presentan considerables ventajas sobre los materiales tradicionales, debido a que poseen una superficie lisa que les proporciona un excelente desempeño hidráulico, lo cual sumado a su alta resistencia a la corrosión y al bajo efecto de incrustación que poseen, puede traducirse en algunos casos en menores diámetros de diseño.

## Flujos bajo presión

En el caso de las tuberías que deban trabajar bajo presión, su diseño estará determinado básicamente por las pérdidas de carga que se producen a lo largo de ésta. La pérdida friccional puede estimarse usando la **ecuación de Darcy-Weisbach**:

$$J = \frac{f}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

**J**: pérdida friccional por unidad de longitud (m/m)

**f**: coeficiente o factor de fricción

**D**: diámetro interno de la tubería (m)

**V**: velocidad media (m/s)

**g**: aceleración de gravedad (m<sup>2</sup>/s)

El régimen de escurrimiento en una tubería está determinado por el número de Reynolds, definido como:

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

El régimen de escurrimiento es laminar si  $Re \leq 2.000$  y turbulento si  $Re \geq 2.000$ . En el caso de régimen laminar:

$$\sqrt{f} = \frac{64}{Re}$$

Donde

**Re**: número de Reynolds

**D**: diámetro interno de la tubería (m)

**V**: velocidad media (m/s)

**$\nu$** : viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s) (para agua  $\nu = 1,01 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s)

En el caso de régimen turbulento, el factor de fricción queda determinado tanto por el número de Reynolds como por la rugosidad relativa y puede estimarse a través de la **fórmula de Colebrook y White**, que se muestra a continuación:

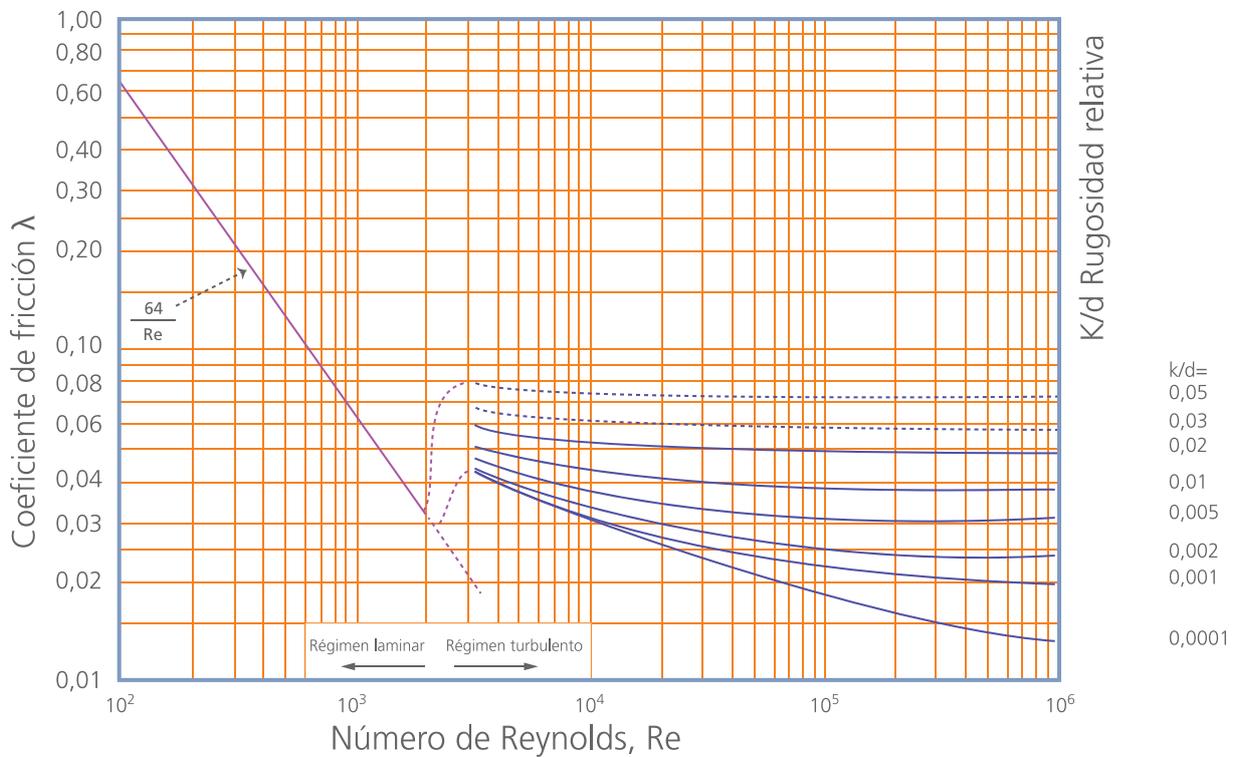
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{k_s}{3,7 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

donde:

**$k_s$** : rugosidad absoluta (m)

La relación funcional entre el factor de fricción, **f**, y los parámetros **Re** y **k/D** en tuberías se representa gráficamente en el **ábaco de Moody**.

# Ábaco de Moody



Rugosidad absoluta ( $k_s$ ) para diferentes materiales utilizados en la fabricación de tuberías:

Material	$K_s$ (mm)
Vidrio	0.0003
PVC, CPVC, PEAD	0.0015
Acero	0.046
Hierro Forjado	0.06
Hierro Dúctil	0.25
Concreto	0,3-3,0

Debido a que la **fórmula de Colebrook y White** requiere para el cálculo del factor de fricción,  $f$ , de un proceso iterativo, como una manera de simplificar los cálculos es posible utilizar la **fórmula de Hazen-Williams**, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$J = 10,665 * \left( \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,869}} \right)$$

Donde:

J: pérdida friccional por unidad de longitud (m/m)

Q: caudal ( $m^3/s$ )

C: coeficiente de rugosidad (para PEAD  $C=150$ )

El uso de la **ecuación de Hazen-Williams** tiene que estar limitado a ciertas características del fluido y del flujo. Estos límites son los siguientes:

- El fluido debe ser agua a temperatura normal.
- El diámetro de la tubería debe ser superior o igual a 50 mm.
- La velocidad en las tuberías no debe exceder los 3 m/s.

Para ambas fórmulas el cálculo de la pérdida de carga estará dado por la siguiente ecuación:

$$H = J \times L$$

Donde:

**H:** pérdida de carga total (m)

**J:** pérdida friccional por unidad de longitud (m/m)

**L:** longitud del tramo de tubería (m)

## Evaluación de Pérdidas de Cargas Singulares

De manera de hacer el diseño más conservador, se recomienda calcular las pérdidas por ambos métodos y elegir el resultado mayor.

La ecuación para el cálculo de pérdidas de carga singulares causadas por los accesorios en una tubería es de la siguiente forma:

$$H_m = k_m \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

**$h_m$ :** pérdida de carga debida a la singularidad (m)

**$k_m$ :** coeficiente de pérdida de carga del accesorio

**v:** velocidad media del flujo en la tubería (m/s)

**g:** aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

De acuerdo a esto, la pérdida de carga total del sistema estará dada por la siguiente expresión:

$$H_t = H + \sum h_m$$

Donde:

**H<sub>t</sub>:** pérdida de carga total del sistema (m)

**H:** pérdida de carga del tramo de tubería (m)

**$\sum h_m$ :** sumatoria de las pérdidas singulares en cada accesorio (m)

## Flujos sin presión

Para el diseño de tuberías con flujos sin presión (acueductos), se utiliza la **fórmula de Manning**, la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$Q = A \cdot R_h^{2/3} \frac{\sqrt{i}}{\eta} \quad R_h = \frac{A}{P}$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Área de escurrimiento (m<sup>2</sup>)

R<sub>h</sub> = Radio Hidráulico (m)

i = Pendiente (m/m)

η = Coeficiente de Manning (PEAD, PVC, PP = 0.009)

P = Perímetro mojado

Cuando se tiene escurrimiento a sección llena, **R = D/4** (D = diámetro interno). En caso de tener escurrimiento a sección parcial, se deben utilizar las siguientes relaciones:

En casos de escurrimiento a sección parcial, se deben utilizar las siguientes ecuaciones.

$$A = 1/8 \cdot (0 - \text{sen } \beta) \cdot D^2$$

$$P = 1/2 \cdot Q \cdot D$$

$$R = \frac{A}{P} \cdot 1/4 \cdot (1 - \text{sen-Q})$$

## Coeficientes para pérdidas en accesorios

Accesorio	Km
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula en ángulo, completamente abierta	5
Válvula de registro, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Válvula de compuerta, con 3/4 de apertura	1,0-1,15
Válvula de compuerta, con 1/2 apertura	5.6
Válvula de compuerta, con 1/4 de apertura	24
Codo de radio corto (r/d = + 1)	0.9
Codo de radio mediano	0,75-0,8
Codo de gran radio (r/d = + 1,5)	0.6
Codo de 45°	0,4-0,42
Retorno (curva en U)	2.2
Tee en sentido recto	0.3
Tee a través de la salida vertical	1.8
Unión	0.3
Vee de 45° en sentido recto	0.3
Vee de 45° en salida Lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo reentrando	0.9
Salida	1

## Golpe de Ariete

Normalmente los sistemas hidráulicos en presión presentan características de régimen permanente, es decir, que la velocidad, presión y sección de escurrimiento, aunque pudiendo variar de un punto a otro, no varían en el tiempo. Sin embargo, existen situaciones debidas a violentas perturbaciones introducidas en el sistema, en las cuales la velocidad y presión pueden variar de manera significativa. Este fenómeno se denomina golpe de ariete.

La necesidad de evaluar este fenómeno va ligada de manera inherente, al hecho de que los cambios de régimen, más o menos bruscos que se producen, generan niveles de presiones muy superiores a los correspondientes a los regímenes permanentes y, en consecuencia, las conducciones deben estar preparadas para poderlos soportar.

El golpe de ariete es un término que se utiliza para describir el choque producido por una súbita disminución de la velocidad de un fluido en un sistema hidráulico. Si un líquido al pasar por una canaleta fuera interrumpido bruscamente, el nivel del mismo subirá rápidamente desbordando por todos lados. Si tal fenómeno ocurriera dentro de un tubo, el líquido al no tener por donde salir provoca una onda de presión que puede afectar a las paredes de la tubería.

Dentro de las causas más comunes que dan origen a la aparición de este fenómeno, podemos destacar:

- Apertura o cierre brusco de válvulas.
- Partida o detención de sistemas de bombeo.

Es importante poder realizar el cálculo de esta sobrepresión para dimensionar la tubería de conducción evitando la rotura de la misma, para esto es importante tomar en cuenta el tiempo de parada del flujo de agua el cual se calcula con la ecuación de Mendiluce:

$$T = C + \frac{k \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Donde:

T = Tiempo de parada del flujo (s)

L = Longitud de conducción (m)

v = Velocidad de régimen de agua (m/s)

g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s<sup>2</sup>

H<sub>m</sub> = Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

C = Coeficiente en función de la pendiente hidráulica

k = Coeficiente en función de la longitud de conducción

Los valores de C y k son coeficientes de ajuste empíricos los cuales han sido obtenidos de manera experimental por Mendiluce.

Coeficiente k según la longitud de instalación		Coeficiente C según la pendiente hidráulica	
L (m)	k	i	C
< 500	2	< 20 %	1
= 500	1,75	~ 25%	0,8
500 < L < 1500	1,5	~ 30%	0,6
= 1500	1,25	~ 40%	0,4
> 1500	1	> 50 %	0

El tiempo de parada debe ser comparado con el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa la cual es calculada con la ecuación siguiente:

$$t = \frac{2 \cdot L}{a}$$

t = Periodo de la frecuencia de propagación de la onda de presión (s)

El valor de (a) conocido como celeridad, representa la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería. Su valor depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua. Su valor se obtiene con la ecuación propuesta por Allievi.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \cdot \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

**D<sub>i</sub>** = Diámetro interno de la tubería (mm)

**e** = Espesor de pared de la tubería (mm)

**K** = Módulo de elasticidad del material de la tubería, cuyo valor es:

$$K = \frac{10^{10}}{\epsilon}$$

**ε** = Módulo de elasticidad del material de la tubería (valores referenciales en la tabla):

Valores de Módulo de Elasticidad de Material	
MATERIAL	ε (kg/cm <sup>2</sup> )
Fundición	1,7E+10
Acero	2,1E+10
Hormigón	3,0E+10
PVC-U	3,0E+08
PEAD	1,0E+08

Finalmente se calcula la Longitud Crítica con la ecuación:

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2}$$

Comparando la longitud de conducción y la longitud crítica se determina la ecuación a utilizar para el cálculo de la sobrepresión.

Si  $L < L_c \rightarrow$  Se trata de una Impulsión Corta y:  $T < \frac{2 \cdot L}{a}$

el cierre es **Lento** y se utiliza la ecuación de **Michaud**:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \text{ (mca)}$$

Si  $L > L_c \rightarrow$  Se trata de una Impulsión **Larga** y:  $T > \frac{2 \cdot L}{a}$

el cierre es **Rápido** y se utiliza la ecuación de **Allievi**:

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g} \text{ (mca)}$$

Esta sobrepresión debe sumarse a la presión manométrica para el diseño de la tubería.

En instalaciones con pendiente mayores a 50% se deberá utilizar directamente la ecuación de Allievi.

## 4. Proyecto Estructural

Las tuberías de PEAD presentan un comportamiento estructural denominado Tubos Flexibles. Los tubos flexibles enterrados deben su capacidad de soportar cargas a un mecanismo de interacción entre el tubo y el suelo de relleno que lo rodea.

Las solicitudes que normalmente actúan sobre el sistema suelo-tubería, son aquellas debidas a cargas permanentes o cargas muertas (peso de la tierra sobre el tubo, presión hidrostática por eventual presencia de nivel freático) y aquellas debidas a las cargas accidentales o cargas vivas (acción del tráfico de máquinas durante la obra, tráfico normal de vehículos). El análisis del sistema suelo-tubería frente a esas solicitudes, normalmente es efectuado teniéndose en cuenta 3 estados límites que deben ser evitados:

### Cargas permanentes

- Deformación diametral excesiva.
- Inestabilidad elástica (revestimiento de la pared).
- Compresión límite de la pared.

La principal carga que actúa permanentemente sobre un tubo enterrado es aquella relativa al peso del suelo situado sobre la tubería. El método recomendado para el cálculo de las cargas permanentes sobre tubos flexibles es el de carga prismática, la carga correspondiente al peso del prisma vertical de tierra situado directamente sobre la tubería.

$$P = y \cdot H$$

donde:

**p:** carga vertical debida a la presión del suelo en profundidad H (N/m<sup>2</sup>)

**y:** peso específico aparente del suelo (N/m<sup>3</sup>)

**H:** altura del recubrimiento sobre la clave del tubo (m)

Adoptar la carga prismática equivale a despreciar la fricción entre el suelo de recubrimiento y las paredes laterales de la excavación, pues en esas condiciones la tubería queda sujeta a todo el peso del suelo de relleno que la rodea, trabajando así a favor de la seguridad. Considérese la carga prismática así obtenida como una tensión uniformemente distribuida en el ancho de la zanja, en la altura del plano horizontal tangente a la clave del tubo.

Las principales cargas móviles actuantes sobre la tubería son aquellas dependientes del tráfico de equipamientos pesados durante la etapa de construcción de la vía y posteriormente las cargas relativas a los vehículos comerciales pesados pasando sobre ella.

Para determinar la máxima tensión vertical actuante en el plano tangente a la clave del tubo debido a una carga situada en la superficie, se acostumbra utilizar la **expresión de Boussinesq**, definida para un terreno semi-infinito, continuo, homogéneo y elástico.

$$q = \frac{3 \cdot Q \cdot H^3}{2 \cdot \pi \cdot r^5}$$

donde:

**q:** carga vertical actuante sobre el tubo debida a las cargas móviles (kg/m<sup>2</sup>)

**Q:** carga puntual actuante sobre la superficie (kg)

**H:** altura de recubrimiento de la tubería (m)

**r:** distancia entre la clave del tubo y el punto de aplicación de la carga (m)

La expresión anterior expuesta fue deducida y validada para la condición ideal de una carga puntual actuando en la superficie. Como en la realidad la carga se distribuye por una cierta área en la superficie del terreno, sería necesario efectuar la integración de la expresión expuesta para obtener la presión ejercida sobre el tubo. Este trabajo fue efectuado por Newmark, generando tablas que facilitan el cálculo preciso.

Sin embargo la diferencia obtenida normalmente no justifica el incremento del trabajo desarrollado. En el caso más desfavorable en que la carga puntual se sitúa exactamente en la vertical que pasa por el eje de la tubería, la tensión vertical actuante en el plano horizontal tangente a la clave de la tubería será:

$$q = \frac{3 \cdot Q}{2 \cdot \pi \cdot H^2}$$

La carga puntual a ser considerada en el proyecto deberá ser aquella correspondiente a las ruedas del semi-eje trasero del vehículo de mayor peso que circule por la vía.

La máxima carga móvil será aquella relativa al tráfico de un vehículo comercial pesado de doble rodamiento, para el cual se puede adoptar una carga de rueda de 50KN en el semi-eje trasero.

Teniendo en cuenta que hay vehículos circulando con cargas sobre lo legal, es conveniente utilizar para efectos del proyecto, un coeficiente de aumento de la carga de 1,2. Además de eso, para considerar el efecto dinámico del tráfico, se recomienda utilizar un coeficiente de impacto de 1,5.

Se puede verificar así que la carga permanente crece linealmente con la altura de recubrimiento de tierra sobre la tubería (H), a medida que la carga accidental disminuye cuadráticamente con esta altura. La carga total actualmente sobre la clave del tubo asumirá valores mínimos para profundidades del orden de 1,50 m.

## 5. Deformación Diametral

La deformación diametral en tuberías flexibles enterradas ha sido tradicionalmente calculada por la fórmula de Spangler, modificada por Watkins, que pasó a ser denominada como la fórmula de Iowa-modificada:

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{K \cdot (p+q)}{8 \cdot R_A = 0.062 \cdot E'}$$

donde:

$\Delta y$ : deformación diametral (m)

D: diámetro de la tubería (m)

K: constante de asentamiento (adimensional)

p: carga permanente (N/m<sup>2</sup>)

q: carga móvil (N/m<sup>2</sup>)

RA: rigidez anular de la tubería (N/m<sup>2</sup>)

E': módulo de reacción del suelo de relleno (N/m<sup>2</sup>)

K varía entre 0,083 y 0,110. Normalmente se adopta el valor K = 0,1

$$R_A = \frac{E \cdot I}{D^3}$$

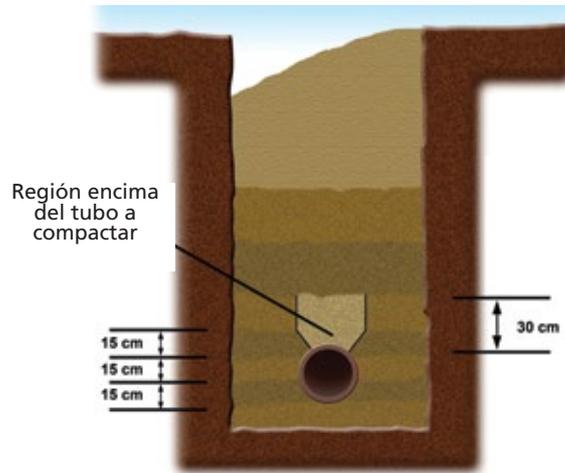
donde:

E: módulo de elasticidad del material (N/m<sup>2</sup>)

I: módulo de inercia de la pared del tubo (m<sup>3</sup>)

D: diámetro medio de la tubería (m)

## 6. Sección tipo instalación tubería



### 6.1 Módulo de reacción del suelo $E'$

El módulo de reacción del suelo  $E'$ , es el parámetro más importante en el cálculo de la deformación diametral y debe ser adoptado en función del tipo de suelo escogido y de su grado de compactación. La tabla que se muestra a continuación está basada en resultados obtenidos de un convenio entre Tigre y la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo, y provee de valor al módulo de reacción del suelo, de acuerdo con la condición de compactación del material para los tipos de suelos recomendados

Tipo de suelo	Clasificación USCS	Compactación buena GC 90%	Compactación moderada 80% GC 90%	Sin Compactación
Material granular sin finos (menos de 12%)	GW GP SW SP	14	7	1.4
Material granular con finos (entre 12 y 25%)	GM GC SM SC	7	2.8	0.7

## Transporte, Manipulación y Almacenamiento

### 1. Se recomienda:

1. Apoyar los materiales sobre estructuras de madera durante el almacenamiento.
2. Almacenar los materiales en áreas cubiertas, protegiéndolos de la intemperie.
3. Almacenar los materiales de acuerdo a las alturas máximas y espaciamientos máximos permitidos.
4. Proteger los tubos durante el transporte.

### 2. Evite:

1. Apoyar los tubos directamente sobre el suelo durante el almacenamiento.
2. Arrastrar los materiales sobre el terreno.
3. Lanzar los materiales durante la descarga.
4. Desamarrar las bobinas de una sola vez.
5. Amarrar los materiales con cables de acero durante el transporte.

Todos los tipos de conexiones deberán ser almacenados en sectores cubiertos.

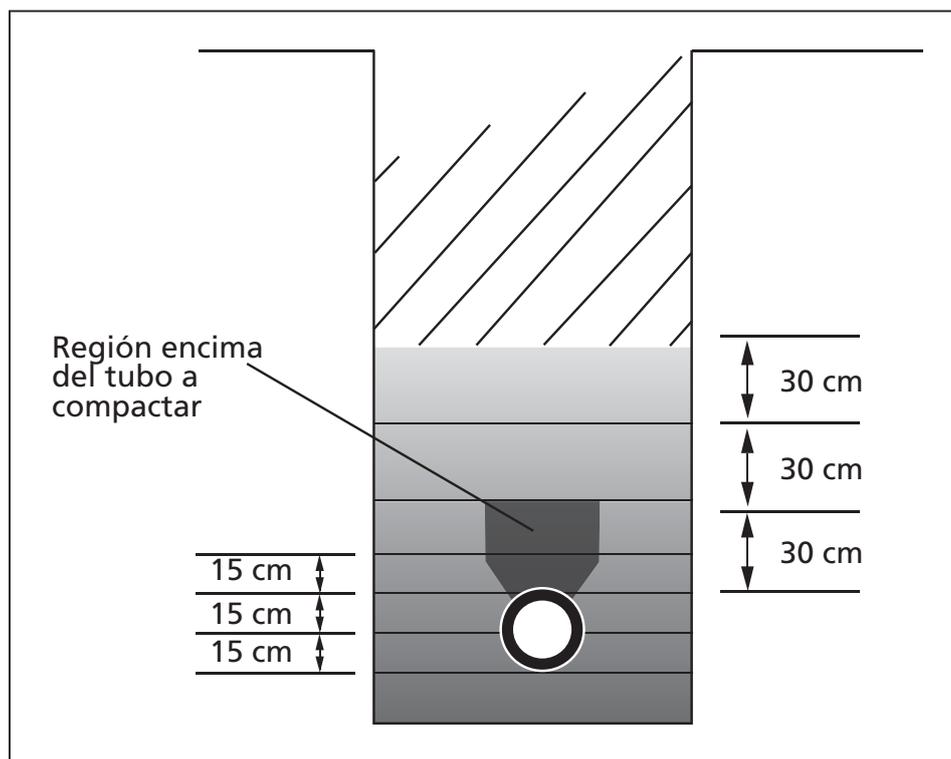
Las conexiones de electro-fusión deben ser mantenidas en sus respectivos embalajes hasta el momento de ser utilizadas.

# Consideraciones para la instalación de la tubería PEAD

## Instalación de tubería enterrada

Dadas las características de la tubería Tigre PEAD, es muy importante tener en cuenta la base (encamado) y el material de relleno sean los adecuados, además de los procesos de compactación.

1. La base de la instalación debe ser lo suficientemente estable y el fondo de la zanja donde se apoyará la tubería deberá ser plano y libre de elementos cortantes. Para esto se debe preparar un encamado de arena fina o material seleccionado, de tal manera que la tubería no entre en contacto con elementos cortantes o puntiagudos que puedan dañarlo.
2. Cuando la base de la zanja presenta arcilla saturada, fango o lodo, sin condiciones mecánicas mínimas para el asentamiento del tubo, se debe disponer una base de cascajo (gravilla) bien asentada. Encima de la base de cascajo se debe colocar una cama de 15 cm de arena fina o material seleccionado igual al punto 1.
3. Una vez realizado el encamado, se extiende la tubería y se coloca el material de relleno lateral o acostillado. Este material puede ser el que se extrajo de la zanja, pero al igual que en el punto 1, el mismo debe ser seleccionado (cernido) evitando los elementos grandes o cortantes que puedan dañar el tubo. Este relleno debe estar compactado cada 10 cm en los laterales de la tubería hasta cubrir la corona y por lo menos 15 cm más. La compactación debe realizarse de forma manual.
4. El resto de la zanja puede ser rellenado con material de la excavación y compactado cada 20 a 25 cm, utilizando saltarín. Se recomienda realizar la compactación de la zanja con tubo lleno y a presión, dejando las uniones libres para las pruebas hidráulicas.



## Sistemas de unión para tubería de PEAD

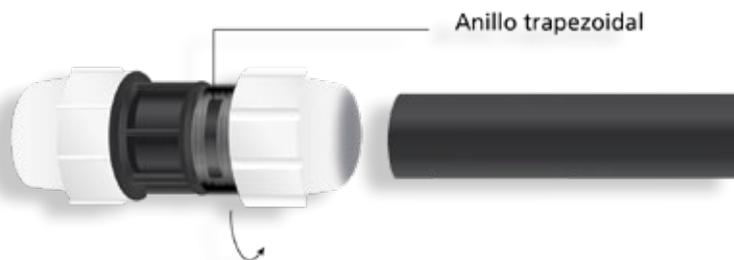
Para la tubería de PEAD existen dos formas de unión.

- > Unión mecánica (Juntas de compresión)
- > Unión por temperatura
  - > Electrofusión.
  - > Termofusión.

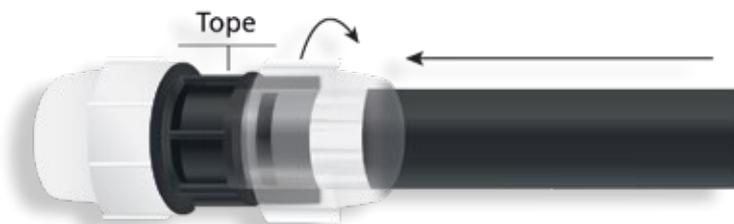
### Unión Mecánica con Juntas de Compresión

Como su nombre lo indica es una unión mecánica en la que se requiere de un accesorio especial, el cual está compuesto por un casquillo cónico, que presenta en la superficie que estará en contacto con la tubería unas estrías que sujetan a la tubería para evitar un desplazamiento axial. Además presentan anillos de goma que funcionan como sellos para evitar filtraciones. Esta unión se la realiza de la siguiente manera:

**Paso 1.** Mida la profundidad de la campana de conexión desde el borde hasta el tope interior de la conexión. Marque esta medida en la tubería para asegurar la longitud de inserción. Desajuste la rosca de la extremidad sin necesidad de soltarla completamente.



**Paso 2.** Introduzca el tubo con un movimiento circular dentro del accesorio pasando el casquillo cónico de apriete y el sello de goma llegando hasta el tope interno. Verifique con la marca en el tubo.



**Paso 3.** Gire la rosca de la extremidad en dirección del cuerpo del accesorio, gire la rosca con fuerza aunque no sea necesario llegar hasta el tope.

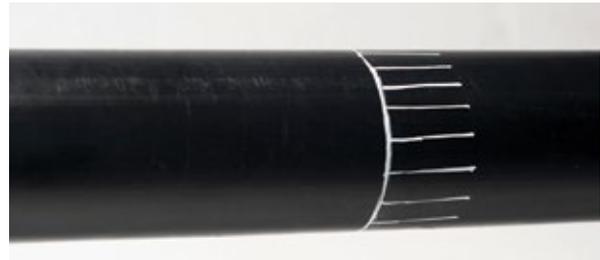


## Unión por temperatura con Electrofundición

Esta unión es ejecutada utilizando un accesorio especial que contiene resistencias eléctricas incorporadas internamente las cuales son calentadas a través de un equipo de electrofundición controlado eléctricamente. Este equipo proporciona corriente eléctrica a través de las resistencias eléctricas las cuales se calientan y forman una fundición entre tubo y accesorio, formando así una de las uniones más seguras existentes. El procedimiento para realizar esta unión es el siguiente:



**Paso 1.** Limpie muy bien y seque el extremo de la tubería.



**Paso 2.** Marque primeramente la longitud del tubo a introducirse en el accesorio, luego marque el área del tubo que se va a raspar trazando líneas visibles y perpendiculares al raspado.



**Paso 3.** Raspe en forma manual o con el raspador mecánico un espesor de aproximadamente 0.3 mm de la superficie exterior. No tocar con las manos la superficie ya raspada.



**Paso 4.** Realice los pasos anteriores para el tubo opuesto, retire el accesorio del embalaje e introduzca el tubo hasta las marcas realizadas. La zona que se va a soldar debe permanecer estable e inmóvil, para esto es posible utilizar el alineador.



**Paso 5.** Conecte los electrodos de la electrofundidora al accesorio verificando los colores de los terminales, realice la soldadura activando la soldadora. Deje enfriar el tiempo indicado en la etiqueta antes de quitar el alineador.

**Nota.** Para mayor detalle de la operación de soldadura, se recomienda consultar el manual de conexiones por electrofundición.

## Unión por Termofusión

Este tipo de unión no requiere de un accesorio extra, se realiza por calentamiento en los extremos de dos tuberías y la unión con una fuerza axial, llegándose a obtener una soldadura a tope. Este tipo de unión se utiliza para diámetros grandes.



Los equipos comunmente utilizados por termofusión están constituidos por tres elementos: unidad de fuerza (compuesta de una unidad hidráulica y un alineador), refrentador y placa calentadora.



**Paso 1.** A partir de la tabla entregada por el fabricante, verifique la presión de soldadura requerida y súmela a la presión inicial para desplazamiento (inercia de la máquina más el peso propio del tubo a ser desplazado).



**Paso 2.** Verificar el perfecto alineamiento de los tubos.



**Paso 3.** Use el refrentador para rectificar las superficies a ser unidas.



**Paso 4.** Limpiar la superficie con la solución a base de alcohol y a partir de ese instante evite tocar la región a ser soldada.



**Paso 5.** Cuando la temperatura de la placa calentadora llegue al valor recomendado por el fabricante, posiciónela manteniendo la presión de soldadura hasta la formación de un cordón inicial entre la placa y el tubo (la tabla suministrada de la máquina indicará la dimensión del cordón).



**Paso 6.** Retire la placa calentadora y aproxime los tubos. El cordón de soldadura aumentará de dimensión. Aguarde el enfriamiento recomendado por el fabricante del equipo.



**Paso 7.** Solamente después de logrado el enfriamiento requerido, puede mover el equipo para una próxima soldadura.

En caso de requerir este tipo de unión, se solicita hacer la consulta al ejecutivo de ventas o Asistencia Técnica, para poner en contacto con la empresa que presta este servicio.

## Pruebas hidráulicas de campo

Para la realización de las pruebas hidráulicas en campo “para instalaciones realizadas con tubería de Polietileno de Alta Densidad”, se deben tener en cuenta las siguientes definiciones

- **Pt:** Es la presión de trabajo del sistema, y corresponde a la presión hidrostática a la cual la tubería estará sometida durante su vida útil. También se conoce como presión de diseño o presión de servicio.
- **Pn:** Es la presión nominal para la cual fueron fabricadas las tuberías o los accesorios de un sistema.
- **Pp:** Es la presión de prueba con la cual se va a probar un tramo.

El objetivo de realizar un ensayo de presión en campo es el de verificar la instalación de la tubería y que no existan filtraciones en las uniones, de ninguna manera es verificar la resistencia de la tubería la cual ya está verificada a través de ensayos en laboratorio de fábrica.

El control de calidad que supone la realización de la prueba de presión debe realizarse una vez que se cumplan las siguientes condiciones:

- La tubería haya sido instalada y no haya sido puesta en servicio.
- Todos los anclajes deben haber sido instalados tanto en cambios de dirección, derivaciones como en finales de línea. En el caso de anclajes de hormigón los mismos deben haber sido instalados por lo menos siete días antes de la realización de la prueba.
- Deben estar instaladas las válvulas de purga de aire (en los puntos altos y finales de línea), válvulas de sobrepresión y los accesorios requeridos en el sistema.
- La prueba debe iniciarse una vez que todo el aire atrapado haya sido liberado. Para esto el sistema debe ser llenado con agua desde el punto más bajo.
- El agua debe estar a una temperatura no inferior a 5°C ni mayor a 30°C. Para temperaturas fuera de este rango consultar con Asistencia Técnica Tigre.
- Las pruebas se deben realizar en tramos no mayores a 500m a no ser que exista algún impedimento o necesidad justificada ante la supervisión de realizar en tramos mayores (los tramos a evaluarse deberán ser acordados entre contratista y supervisión).
- Se debe contar con la bomba capaz de elevar la presión en la tubería, cercana al valor de la presión de prueba manómetros, cronómetro y los elementos de conexión entre la bomba y la tubería.
- Se instalará 1 manómetro para lecturas de la prueba en la elevación más baja, si se instalase en otro punto se deben realizar las correcciones matemáticas de la diferencia de cabeza hidrostática.

Una vez que se cumplan las condiciones para la realización de la prueba hidrostática se procede al llenado de la tubería. Se debe verificar la ausencia de aire dentro de la tubería lo cual se evidencia por la salida de agua por las purgas y el cierre automático de las ventosas.

**Presión de Prueba (Pp).** La Presión de prueba (Pp) máxima no debe exceder de 1,5 veces la presión de trabajo (Pt) del sistema. Accesorios y dispositivos con una presión nominal menor a la prueba de presión, no deberán estar presentes o deberán aislarse de la sección de prueba.

**Tiempo de la prueba.** Cuando la presión máxima de prueba se encuentre entre la presión de trabajo (Pt) y 1,5 veces la presión de trabajo o en 1,5 veces la presión de trabajo (Pt), el tiempo total de la prueba incluyendo el tiempo requerido para llenar el sistema, presurizar, estabilizar, mantener la presión de prueba (Pp) y despresurizar no debe exceder las 8 horas. En general se recomienda que una vez estabilizado el sistema al valor de la presión de prueba (Pp), el tiempo con la tubería presurizada a ese valor no deberá exceder las cuatro horas.

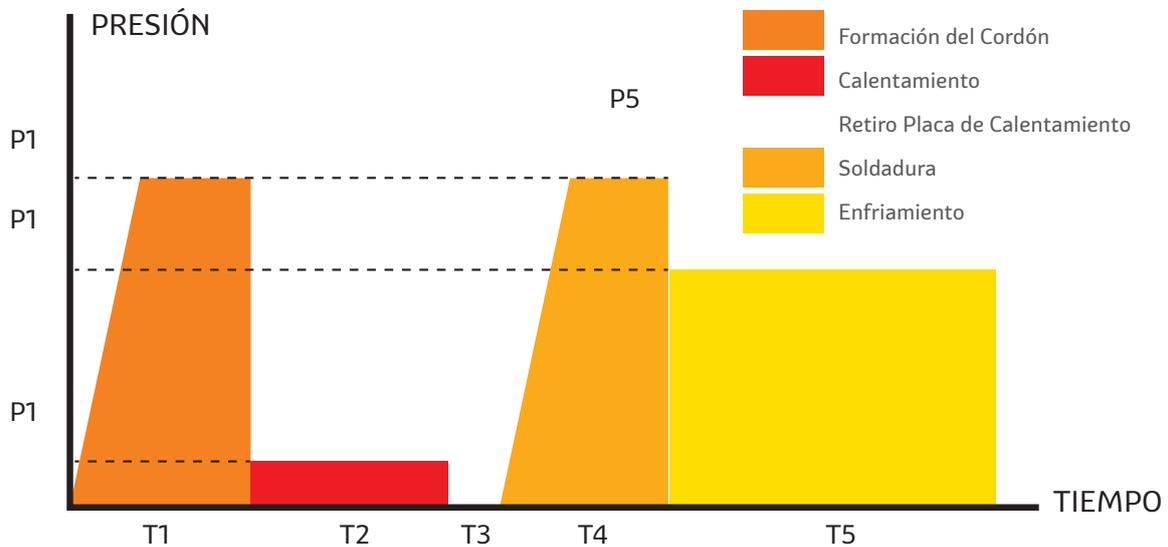
La despresurización del sistema debe realizarse en forma paulatina a una velocidad controlada. La despresurización repentina puede causar golpe de ariete.

Si fuese necesario repetir la prueba, es necesario esperar mínimo 8 horas desde que el sistema ha sido despresurizado, para volver a realizarla.

Por ningún motivo se debe intentar reparar cualquier falla encontrada, con el sistema presurizado. (basado en ASTM F2164)

## Ciclo genérico de unión por fusión a tope PEAD

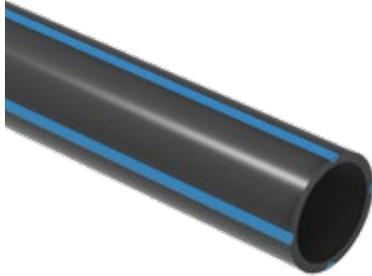
Se incluye la siguiente tabla solamente a modo de ejemplo.



Díámetro del Tubo (mm)	Espesor de Pared (mm)	PN	SDR	Presión para el armado del Cordón (bar)	Cordón Mínimo (mm)	Tiempo de Calentamiento (s)	Tiempo máximo de acople (s)	Tiempo para alcanzar la presión de Soldadura (s)	Presión de acople (bar)	Tiempo de Enfriamiento (mm)
450	11.15	3.2	41	5	1.5	112	8	8	5	15
	13.91	4	33	7	2	140	9	9	7	18
	16.3	6	28	8	2	163	9	10	8	22
	21.5	8	21	10	2.5	215	11	12	10	27
	26.7	10	17	12	3	267	12	14	12	33
	33.1	12.5	14	15	3	331	15	17	15	40
	40.9	16	11	18	3.5	409	17	21	18	49
50.3	20	9	21	4	503	20	25	21	60	
500	12.38	3.2	41	7	2	124	8	8	7	16
	15.45	4	33	8	2	155	9	9	8	20
	18.1	6	28	10	2.5	181	10	11	10	24
	23.9	8	21	12	2.5	239	11	12	12	30
	29.7	10	17	15	3	297	13	15	15	36
	36.8	12.5	14	18	3	368	16	19	18	45
	45.4	16	11	22	3.5	454	19	23	22	55
55.8	20	9	26	4	558	21	28	26	66	
560	13.87	3.2	41	8	2	139	8	8	8	18
	17.31	4	33	10	2	174	9	9	10	22
	20.3	6	28	12	2.5	203	11	12	12	27
	26.7	8	21	15	3	267	12	14	15	33
	33.2	10	17	18	3	332	15	17	18	41
	41.2	12.5	14	22	3.5	412	17	21	22	50
	50.8	16	11	27	4	508	20	25	27	61
630	15.6	3.2	41	10	2	156	9	9	10	21
	19.47	4	33	12	2.5	195	10	11	12	25
	22.8	6	28	15	2.5	228	11	12	14	30
	30	8	21	19	3	300	16	19	19	37
	37.4	10	17	23	3.5	374	16	19	23	45
	46.3	12.5	14	28	3.5	463	19	23	28	56
	57.2	16	11	34	4	572	22	29	34	67

# Catálogo de productos

## Tubo de PEAD



SDR PE 80 PE 100	41 PN 3,2 PN 4	33 PN 4 PN 5	26 PN 5 PN 6	21 PN 6 PN 8	17 PN 8 PN 10	13,6 PN 10 PN 12,5	11 PN 12,5 PN 16	9 PN 16 PN 20	7,4 PN 20 PN 25
Diámetro	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor	Espesor
Ext (mm)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	-	-	-	-	-	1,80	2,00	2,30	3,00
25	-	-	-	-	1,80	2,00	2,30	3,00	3,50
32	-	-	-	-	2,00	2,40	3,00	3,60	4,40
40	-	-	1,80	2,00	2,40	3,00	3,70	4,50	5,50
50	-	-	2,00	2,40	3,00	3,70	4,60	5,60	6,90
63	-	2,00	2,50	3,00	3,80	4,70	5,80	7,10	8,60
75	-	2,30	2,90	3,60	4,50	5,60	6,80	8,40	10,30
90	-	2,80	3,50	4,30	5,40	6,70	8,20	10,10	12,30
110	-	3,40	4,20	5,30	6,60	8,10	10,00	12,30	15,10
125	-	3,90	4,80	6,00	7,40	9,20	11,40	14,00	17,10
140	3,50	4,30	5,40	6,70	8,30	10,30	12,70	15,70	19,20
160	4,00	4,90	6,20	7,70	9,50	11,80	14,60	17,90	21,90
180	4,40	5,50	6,90	8,60	10,70	13,30	16,40	20,10	24,60
200	4,90	6,20	7,70	9,60	11,90	14,70	18,20	22,40	27,40
225	5,50	6,90	8,60	10,80	13,40	16,60	20,50	25,20	30,80
250	6,20	7,70	9,60	11,90	14,80	18,40	22,70	27,90	34,20
280	6,90	8,60	10,70	13,40	16,60	20,60	25,40	31,30	38,30
315	7,70	9,70	12,10	15,00	18,70	23,20	28,60	35,20	43,10
355	8,70	10,90	13,60	16,90	21,10	26,10	32,20	39,70	48,50
400	9,80	12,30	15,30	19,10	23,70	29,40	36,30	44,7	-
450	11,00	13,80	17,20	21,50	26,70	33,10	40,90	50,30	-
500	12,30	15,30	19,10	23,90	29,70	36,80	45,40	55,80	-
560	13,70	17,20	21,40	26,7	33,20	41,20	50,80	62,50	-
630	15,40	19,30	24,10	30,00	37,40	46,30	57,20	-	-



**TIGRE**