



TERRAIN SDP

MANUAL TÉCNICO DE POLIBUTILENO
Sistema profesional para fontanería y calefacción



Nº UNIDAD Nº PLANO MATERIAL
NUEVA TERRAIN
FIRMA REF. EC

ÍNDICE

| | |
|----|---|
| 4 | PRÓLOGO |
| 5 | 1. MATERIAS PLÁSTICAS |
| 6 | 1.1. ¿ De dónde vienen los plásticos ? |
| 6 | 1.2. ¿ Cómo son “por dentro” los plásticos ? |
| 7 | 1.4. Los termoplásticos |
| 8 | 1.5. Los duroplásticos |
| 8 | 1.6. Los elastómeros |
| 9 | 1.7. El polibutileno (PB) de Terrain |
| 9 | 1.8. Características esenciales de las materias plásticas |
| 12 | 2. LA HISTORIA DEL POLIBUTILENO-1 (PB-1) |
| 13 | 2.1. La materia prima: Polibutileno-1 (PB) |
| 14 | 2.2. El PB-1 en la distribución interior de agua potable |
| 15 | 2.3. El sistema Terrain de PB-1 en la distribución interior de agua potable |
| 16 | 3. CARACTERÍSTICAS DEL POLIBUTILENO Y SISTEMA DE TUBERÍAS EN PB |
| 17 | 3.1. Características del Polibutileno |
| 17 | 3.2. Comparación de características físicas entre materiales |
| 19 | 3.3. Transmisión de ruido |
| 19 | 3.4. Golpe de ariete |
| 20 | 3.5. Permeabilidad al oxígeno |
| 21 | 3.6. Legionela |
| 22 | 3.7. Fuego |
| 22 | 3.8. Curvado |
| 23 | 3.9. Agentes oxidantes |
| 24 | 3.10. Comportamiento criogénico |
| | 3.11 Tuberías empotradas |
| 25 | 4. RESISTENCIA A LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS |
| 26 | 4.1. Procedimiento de cálculo de la presión de servicio de una tubería |
| 26 | 4.2. Cálculo de la presión de diseño de una tubería |
| 27 | 4.3. Curva de regresión |
| 28 | 4.4. Factor de seguridad |
| 28 | 4.5. Ejemplo de cálculo |
| 29 | 4.6. Series de tuberías |
| 31 | 4.7. Presiones de norma obtenidos a partir de este proceso |
| 31 | 4.8. Equivalencias dimensionales |
| 32 | 5. NORMATIVA INTERNACIONAL PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS |
| 33 | 5.1. Norma internacional para sistemas de PB: UNE-EN ISO 15876 |
| 33 | 5.2. Campo de aplicación de los sistemas de PB |
| 33 | 5.3. Clasificación de las condiciones de servicio de los sistemas de PB |
| 34 | 5.4. Método de cálculo para el dimensionado de los tubos |
| 39 | 5.5. Marcado de las tuberías |
| 41 | 6. SISTEMAS EN PB-1 Y CONSTRUCCION SOSTENIBLE |
| 42 | 6.1. Estudio comparativo de Impacto medioambiental |
| 44 | 6.2. Normalización y legislación. Tendencias a futuro. |
| 45 | 7. SISTEMAS DE UNIÓN |
| 47 | 7.1. Unión Push-Fit o encaje |
| 50 | 7.2. Unión por termofusión. |
| 53 | 7.3. Unión por Electrofusión |
| 56 | 7.4. Unión a Testa |
| 60 | 7.5. Unión Bridada |
| 62 | 7.6. Uniones de transición |
| 64 | 7.7. Pruebas de estanqueidad en las instalaciones. |
| | 7.7.1 Instalaciones hasta diámetro 90 mm |

| | |
|-----|---|
| 68 | 7.7.2 Instalaciones de grandes diámetros |
| 70 | 8. CAUDALES Y PÉRDIDAS DE CARGA |
| 71 | 8.1. Dimensionado de instalaciones |
| 72 | 8.2. Pérdidas de carga en la tubería |
| 72 | 8.3. Pérdidas de carga localizadas |
| 73 | 8.4. Factor de corrección por temperatura |
| 74 | 8.5. Pérdidas de carga para conducción de otros fluidos |
| 74 | 8.6. Ejemplo de cálculo |
| 75 | 9. DILATACIÓN, COMPENSACIÓN Y ABRAZADERAS |
| 76 | 9.1. Dilatación y Compensación |
| 76 | 9.1.1. Dilataciones y esfuerzos en distintos materiales |
| 78 | 9.2. Técnicas de instalación |
| 78 | 9.2.1. Instalación de los tubos que permiten la variación de su longitud |
| 78 | 9.2.1.1. Colocación de los puntos de anclaje |
| 80 | 9.2.1.2. Compensación de la variación de la longitud mediante brazo de flexión |
| 82 | 9.2.1.3. Compensación de la variación de la longitud mediante lira |
| 84 | 9.2.1.4. Ejemplos de absorción de dilataciones utilizando brazos de flexión y liras |
| 86 | 9.2.1.5. Instalación de abrazaderas para instalaciones que permiten la variación de longitud de las tuberías. |
| 87 | 9.2.1.6. Compensación de la variación de longitud con soportes horizontales continuos |
| 88 | 9.2.1.7. Instalación de columnas montantes con "liras naturales" |
| 89 | 9.2.2. Instalación de tubos que no permiten variación de su longitud |
| 90 | 9.2.2.1. Recomendaciones para la instalación de montaje fijo |
| 90 | 9.2.2.2. Distancias entre abrazaderas para montaje fijo |
| 90 | 9.2.2.3. Elección de la varilla roscada para la sujeción de abrazaderas |
| 92 | 9.2.2.4. Ejemplos de montaje fijo |
| 93 | 9.3. Selección de método de instalación |
| 94 | 10. INSTALACIONES |
| 95 | 10.1. Instalaciones en línea o tradicionales |
| 95 | 10.2. Instalación de distribución por colectores (tipo araña) |
| 96 | 10.3. Instalaciones registrables (tubo en tubo) |
| 98 | 10.4. Instalaciones en tabiquería seca de cartón-yeso |
| 99 | 10.5. Diámetros grandes |
| 100 | 11. AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS |
| 103 | 12. CONTROL DE CALIDAD |
| 105 | 12.1. Certificación AENOR para los tubos de PB |
| 105 | 12.2. Certificación AENOR para los accesorios de PB. |
| 106 | 12.3. Certificación AENOR del sistema completo de PB. |
| 106 | 12.4. Laboratorio y Taller mecánico Nueva Terrain |
| 108 | 12.5. Relación de normas de aplicación y legislación |
| 110 | ANEXOS: |
| 111 | Anexo 1: Curva de regresión del Polibutileno |
| 112 | Anexo 2: Curvas de regresión de varios materiales a 80°C |
| 113 | Anexo 3: Regla de Miner |
| 115 | Anexo 4: Cálculo de la tensión de diseño para la clase 2 en tubos de PB |
| 115 | Anexo 5: Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501 |
| 120 | Anexo 6: Gráfico para el cálculo de la dilatación en tubos de PB |
| 121 | Anexo 7: Gráfico para determinar la fuerza de dilatación en tubos de PB |
| 122 | Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB |

El objeto del presente manual técnico es el de exponer de manera objetiva y científica las características técnicas del sistema de tuberías para suministro de agua fría y caliente en Polibutileno Terrain SDP, así como su aplicación en dichas instalaciones. La amplitud de contenidos y el grado de profundidad que se elija para cada uno de ellos, podría llevarnos a la presentación de una enciclopedia hidráulica.

No se trata de ello, y por tanto la intención final será la de caracterizar suficientemente nuestro sistema de tuberías, y mostrar al lector las diferencias y ventajas del mismo respecto del resto de sistemas y materiales. Son conocidas y aceptadas las diferentes cualidades y ventajas de los sistemas plásticos respecto de los metálicos, pero no tanto la diferenciación entre los llamémoslos nuevos productos de mercado. Es frecuente encontrarnos en el mercado una gran diversidad de sistemas de tuberías englobados bajo el mismo paraguas o definición de tubo de plástico, cuando, como a continuación veremos, son sistemas de características y prestaciones absolutamente distintas.

Se ha pretendido, por tanto, describir tanto el material como el sistema de la manera más completa y resumida posible, aunque a menudo ambos conceptos no sean compatibles. No es propósito de este manual profundizar en los aspectos mecánicos e hidráulicos de forma teórica, dado que de ello ya se encarga la literatura técnica, además de no estar en algunos casos relacionados específicamente con el material de la tubería. Los resultados de dicha investigación técnica han acabado además transponiéndose de forma resumida a la legislación y normas de aplicación como recomendaciones o exigencias de instalación. Se tratará de citar también el ámbito normativo, aunque de forma general y según la aplicación que corresponda.

El Polibutileno, como a continuación comprobaremos, es el termoplástico con mejores características físicas y mecánicas de entre todos los que se utilizan para la aplicación de conducción de agua en vivienda. Dichas características, unidas a la variedad y fiabilidad de las técnicas de unión de nuestro sistema, redundan en el sistema óptimo para este tipo de instalaciones en todas las posibles situaciones. Complementando este manual, Nueva Terrain dispone de información adicional en forma de Hojas Técnicas de producto o Notas Técnicas que amplían de manera específica diversa temática en instalaciones, legislación o instrucciones de montaje.

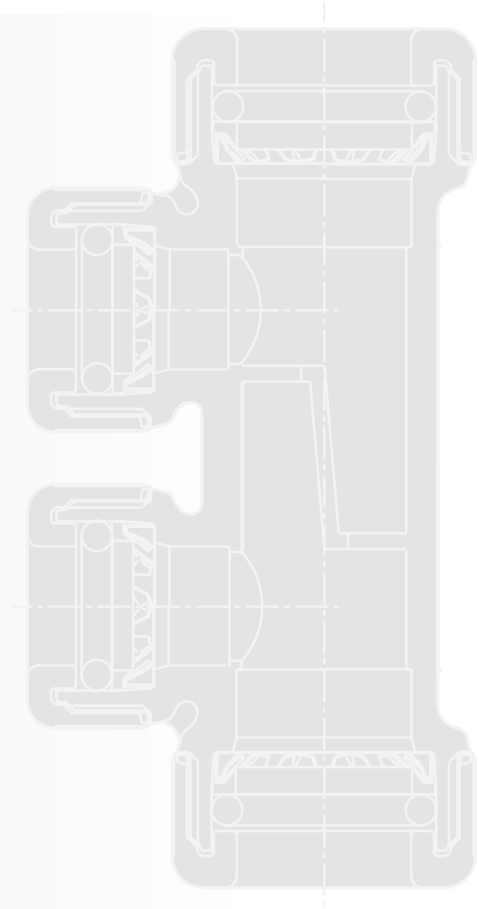
Finalmente recordarles, que más allá de la descripción escrita del sistema, que refleja el conocimiento y catálogo de producto en el momento de su edición, estamos a su disposición para solucionarles sus dudas en cuanto a instalaciones y materiales desde nuestro departamento técnico y comercial en el momento en que lo necesite. No dude en contactar con nosotros para entre todos conseguir las instalaciones más seguras y útiles en cada momento.

La experiencia de la empresa, presente en el mercado desde los años 60 del siglo XX, la disponibilidad de un taller mecánico propio para la construcción y mantenimiento de los utillajes de fabricación, el conocimiento práctico de nuestra oficina técnica presente en el diseño y seguimiento de instalaciones desde el inicio de la comercialización y una red comercial propia que llega a todos los puntos de nuestra geografía, hace de Nueva Terrain líder y referencia del mercado en cuanto a calidad de material y apoyo técnico al cliente. El contacto con el mercado es el inicio de nuestros proyectos de investigación y desarrollo, con departamento específico en la empresa, así como en la mejora continua de nuestros procesos. Su opinión y sugerencias son nuestro motor de arranque en la actualización y mejora de catálogo. Sin su colaboración no sería posible la completa oferta actual de la empresa ni la evolución que la misma ha tenido desde su inicio allá por los años 60.



1. MATERIAS PLÁSTICAS

- 1.1. ¿ De dónde vienen los plásticos ?
- 1.2. ¿ Cómo son "por dentro" los plásticos ?
- 1.4. Los termoplásticos
- 1.5. Los duroplásticos
- 1.6. Los elastómeros
- 1.7. El polibutileno (PB) de Terrain
- 1.8. Características esenciales de las materias plásticas



Los materiales plásticos han supuesto una revolución en la industria del siglo XX en las más diversas aplicaciones. A continuación les exponemos de forma básica su origen y propiedades, centrándonos obviamente en la aplicación y producto que les ofrecemos.



1.1. ¿ De dónde vienen los plásticos ?

Las materias plásticas se obtienen por transformación química de productos naturales o por síntesis a partir de compuestos orgánicos cuyos constituyentes principales son el carbono (C) y el hidrógeno (H).

Las materias básicas para la producción de plásticos son naturales como la celulosa, el carbón, el petróleo y el gas natural, siendo estos dos últimos los más importantes.

En una refinería, el petróleo es dividido, por destilación, en varias fracciones. Como los diferentes componentes del crudo tienen distintos puntos de ebullición, mediante calentamiento se van obteniendo sucesivamente en la torre de fraccionamiento, gas, naftas, fueloil, etc. El residuo de este proceso es el asfalto.

Todas las fracciones están constituidas por hidrocarburos, que se diferencian entre sí por el tamaño y la configuración de sus moléculas. La fracción más importante para la fabricación de los plásticos es la de las naftas.

La nafta se transforma, por un proceso denominado cracking, en una mezcla de etileno, propileno, butileno y otros hidrocarburos ligeros.

1.2. ¿ Cómo son “por dentro” los plásticos ?

De modo simplificado se puede afirmar que los plásticos se forman por unión de muchos elementos constitutivos, idénticos o similares, ensamblado uno a uno, por enlaces químicos. Ese elemento único que repetido forma la materia plástica es el monómero: etileno, propileno, butileno,...

La unión repetida de este elemento forma unas moléculas gigantes denominadas macromoléculas. A pesar de su diversidad, todos los plásticos tienen la misma estructura: están constituidos por macromoléculas. Las múltiples propiedades físicas y químicas de los plásticos dependen de cuatro factores: estructura química, forma, tamaño y disposición de las macromoléculas.

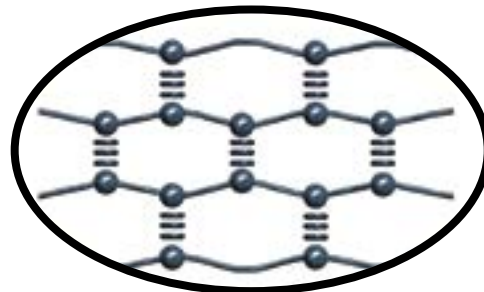
1.3. Clasificación de las materias plásticas

Según que las macromoléculas formen cadenas lineales o ramificadas, formen mallas más o menos cerradas, estén desordenadas o parcialmente alineadas, las propiedades del producto resultante varían de modo radical.

Lineal y ramificados



Reticulados



- **Termoplásticos:** poliolefinas, cloruros de vinilo, estirenos
- **Duroplásticos o termoestables:** termoelásticos (PEX o PE reticulado), resinas
- **Elastómeros:** caucho sintético



PLÁSTICOS



TERMOPLÁSTICOS

- **PB**
- HDPE
- PVC-U
- PVC-C
- PP-R
- PE-RT
- Etc...



DUROPLÁSTICOS

También llamados
TERMOESTABLES

No se pueden reciclar en el
proceso de producción

No se usan para tubería en
aplicaciones de fontanería



ELASTÓMEROS

- **EPDM** (Agua caliente)
- FPM (Gas)
- NBR (Fuel oil, aceites)
- Etc ..

PE_x caso especial
HDPE → PE_x
Reticulado= Termoestable



= No es posible reciclarlo

1.4. Los termoplásticos

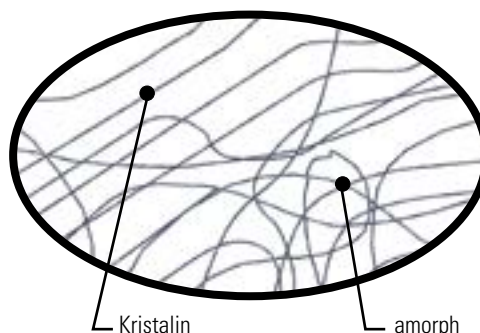
Se componen de largas moléculas filiformes con sólo dos extremos capaces de reacción. En función de la distribución de estas moléculas filiformes pueden ser:

- **Amorfos: estructura desordenada**, aleatoria. Son vítreos, transparentes y generalmente frágiles. Ejemplo: estirenos, policarbonatos, policloruros de vinilo
- **Parcialmente cristalinos**: estructura más o menos ordenada. Son translúcidos u opacos, pero más resistentes al calor que los amorfos. Ejemplo: poliolefinas como PB, PP, PE.

Amorfos



Parcialmente cristalinos



Se pueden fundir de modo repetido y por tanto se pueden termo-transformar numerosas veces, son soldables, la proporción de cristalinidad determina la densidad y las propiedades mecánicas, bajo carga mecánica elevada tienen tendencia al flujo y a la deformación permanente, con el aumento de la temperatura bajan sus propiedades de resistencia.

Los termoplásticos parcialmente cristalinos, por ejemplo las poliolefinas, tienen frente a los amorfos una resistencia a la tracción, una dureza, una temperatura de fusión y un módulo elástico menores. Por contra su resistencia, su alargamiento a la rotura y su dilatación térmica son más elevados. Son reciclables.

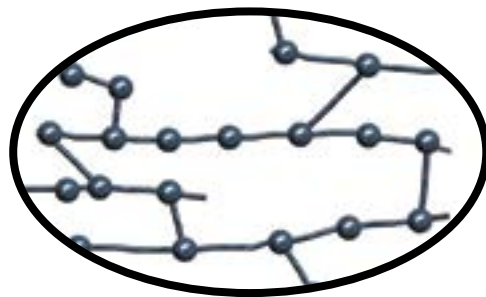
1.5. Los duroplásticos

Presentan cadenas del polímero reticuladas las unas con las otras formando mallas tupidas y estrechas, con una estructura íntimamente reticulada en todas las direcciones lo que les confiere gran rigidez y fragilidad. Con objeto de mejorar sus propiedades mecánicas son reforzados con fibras de vidrio, textiles y otras cargas.

No se funden, no son soldables, se deforman bajo carga pero retoman su forma inicial al cesar ésta, no pueden ser termo transformados mas que una única vez, no presentan un comportamiento elástico mas que en un rango de temperaturas elevadas relativamente estrecho, el número de uniones de reticulación determina sus propiedades mecánicas.

Los termoelásticos son un caso particular dentro de los duroplásticos. Su base es un termoplástico cuya estructura se transforma en una molécula reticulada espacialmente mediante uniones o puentes entre las moléculas filiformes. Los termoelásticos poseen así propiedades análogas a los duroplásticos pero conservando prácticamente la misma dureza que el termoplástico del que proviene. El caso más conocido es el PEX. No son reciclables.

Duroplásticos o termoestables



1.6. Los elastómeros

Son materias plásticas elásticas denominadas también caucho sintético. Sus cadenas de polímero son reticuladas mediante la acción de agentes vulcanizantes. Al contrario que los duroplásticos, su malla o red de reticulación es muy amplia, con pocos enlaces transversales, lo que les confiere su elevada elasticidad.

Son elásticos incluso a bajas temperaturas, son fuertemente deformables bajo la acción de cargas, el número de uniones de reticulación determina su dureza, no son soldables, no se funden. No son reciclables.



1.7. El polibutileno (PB) de Terrain

Cuando se utiliza el 1-butileno (1-buten) como elemento constitutivo y se une entre sí múltiples veces formando cadenas filiformes en una estructura más o menos ordenada se obtiene el Polibutileno-1 (PB-1). Su clasificación dentro de los plásticos corresponde a un Termoplástico parcialmente cristalino.

1.8. Características esenciales de las materias plásticas

En comparación con los materiales convencionales empleados en la fabricación de tuberías, como por ejemplo el cobre, los materiales plásticos presentan las siguientes características generales:

- **Baja densidad:** menor peso de los tubos.
La densidad de un cuerpo, es el cociente de su masa (m), y su volumen (V).

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Densidad de diferentes materiales:

| | |
|-------|------------------------|
| PB | 925 Kg/m ³ |
| PEX | 940 Kg/m ³ |
| PP-R | 900 Kg/m ³ |
| PVC-C | 1550 Kg/m ³ |
| AGUA | 1000 Kg/m ³ |
| ACERO | 7850 Kg/m ³ |
| COBRE | 8890 Kg/m ³ |

- **Alta resistencia química y ausencia de corrosión:** los metales se combinan con el oxígeno del agua produciéndose su oxidación.
- **Resistencia al agua caliente y a la presión:** materiales plásticos como el PB satisfacen plenamente las exigencias de la normativa referida a las conducciones de agua potable, fría y caliente, y calefacción.
- **Resistencia a las heladas:** las tuberías en Polibutileno dilatan adaptándose al aumento de volumen del agua al helarse.
- **Baja conductividad térmica y por tanto menores pérdidas de calor:** Se entiende por conductividad térmica el flujo de energía a través de una materia en función de su espesor y de la diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior del tubo.

Conductividad térmica de diferentes materiales:

| | |
|-------|-----------|
| PB | 0.19 W/mk |
| PEX | 0.35 W/mk |
| PP-R | 0.22 W/mk |
| PVC-C | 0.16 W/mk |
| AGUA | 0.58 W/mk |
| ACERO | 45 W/mk |
| COBRE | 407 W/mk |

- **Menor formación de agua de condensación en las superficies exteriores:** precisamente por la menor conductividad térmica de este tipo de tuberías, la formación de agua de condensación requiere condiciones ambientales más extremas y por consiguiente se necesitará menor espesor de pared de material de aislamiento cuando éste sea necesario.
- **Elevada elasticidad:** El modulo elástico (E), es la relación entre la tensión y el alargamiento de una materia.

Cuanto mas pequeño sea el modulo elástico mas flexible será el material, y por el contrario, a mayor modulo elástico mas rígido será el material a la flexión.

Módulo elástico de diferentes materiales:

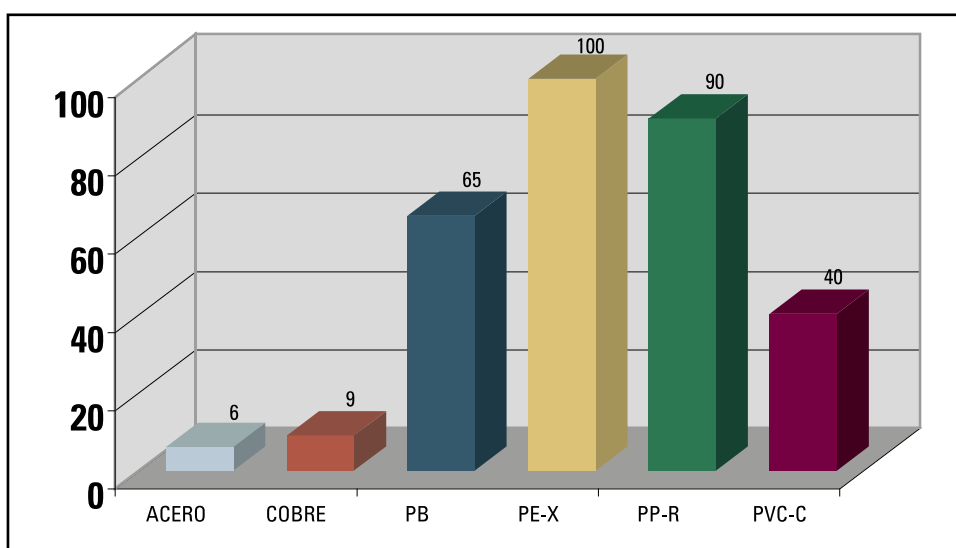
| | |
|-------|---------------------------------|
| PB | 450 MPa (N/mm ²) |
| PVC-C | 3500 MPa (N/mm ²) |
| ACERO | 210000 MPa (N/mm ²) |
| PP-R | 900 MPa (N/mm ²) |
| PEX | 1150 MPa (N/mm ²) |
| COBRE | 120000 MPa (N/mm ²) |

La mayor flexibilidad del material beneficia a la menor generación de esfuerzos en la instalación en los procesos de dilatación térmica, golpes de ariete, golpes de impacto, heladas, ..., así como a la reducción de transmisión de ruido en la misma, obteniéndose instalaciones más fiables y confortables.

- **Resistencia a la abrasión:** la resistencia a la abrasión de los materiales plásticos es del orden de cuatro veces mayor que la de los materiales metálicos.
- **Menor incidencia del ruido en las conducciones:** debido a su bajo módulo elástico la transmisión del ruido provocado en las conducciones de agua es menor en material plástico que en las conducciones metálicas.
- **Superficies lisas:** las superficies interiores lisas provocan una menor pérdida de carga.
- **Dilatación térmica:** El coeficiente de dilatación térmica lineal α , indica el alargamiento en mm. de una longitud inicial de 1 m. debido a una elevación de la temperatura de 1°K.



Dilatación térmica de diferentes materiales:



Dilataciones en mm calculadas para un tubo de 10m y una diferencia de temperatura de 50°C

Los cambios dimensionales provocados por las variaciones de temperatura son mayores en los materiales plásticos que en los metálicos, sin embargo, el bajo módulo elástico que posee el PB-1, provoca que las fuerzas generadas por dilatación sean menores que en otros materiales plásticos o metálicos, lo que conlleva muchas ventajas en la instalación (ver capítulo 9)

- **Uso alimentario:** dada su alta resistencia química, muchos de los materiales plásticos son idóneos para aplicaciones en el campo alimentario. El PB-1 está altamente recomendado para el transporte de agua potable por organismos como NFS, KIWA y KTW.
- **Comportamiento al fuego:** las materias plásticas son combustibles y la clasificación de su resistencia al fuego se determina mediante ensayos normalizados (vea punto 3.7).
- **No conducen la electricidad:** no deben ser utilizados para tomas de tierra.
- **Resistencia a los rayos solares:** en general las materias plásticas son sensibles a los rayos ultravioleta y por tanto deben ser protegidos adecuadamente. (ver apartado 3.9)

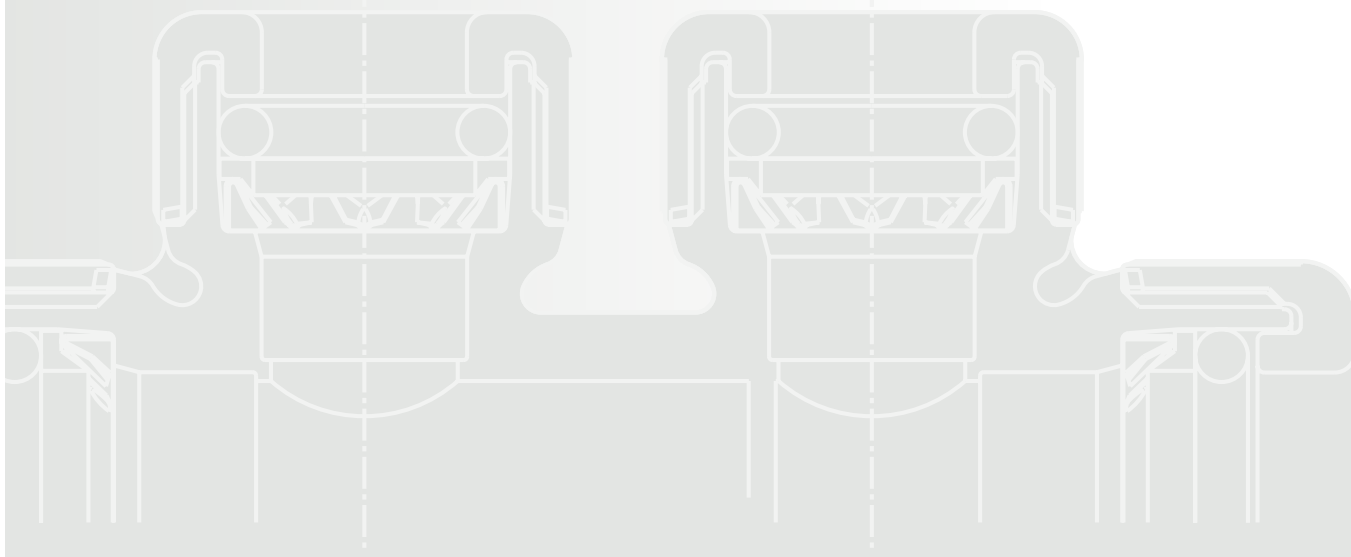
2. La Historia del Polibutileno-1 (PB-1)

2. LA HISTORIA DEL POLIBUTILENO-1 (PB-1)

2.1. La materia prima: Polibutileno-1 (PB)

2.2. El PB-1 en la distribución interior de agua potable

2.3. El sistema Terrain de PB-1 en la distribución interior de agua potable



El Polibutileno es un producto prácticamente exclusivo para la aplicación de fontanería. A diferencia del resto de termoplásticos para la aplicación, PP, PE, C-PVC, cuyo mercado objetivo es múltiple y variado en construcción, envases, automoción, ..., el PB es un plástico de ingeniería diseñado específicamente para su uso en la conducción de agua (lo que los productores definen como Fluid Engineering).





2. La Historia del Polibutileno-1 (PB-1)

El Polibutileno-1 fue descubierto en 1954 por el equipo de investigación del profesor Giulio Natta, Premio Nobel de Química en el año 1963. Las primeras producciones industriales, así como su introducción en el mercado de sistemas de tuberías en Europa data de mediados de los años 60. El desarrollo de nuevas aplicaciones y mercados se produce en los años 70 y 80. Es en esta década cuando Terrain selecciona esta materia prima como la óptima para su sistema de suministro de agua fría y caliente, y comienza su fabricación.

La empresa productora inicial del Polibutileno-1 fue Shell, con planta de producción en Taft-Luisiana-EEUU. Las sucesivas fusiones de distintos fabricantes de materias plásticas ha hecho que el producto haya pasado al portafolio de Montell primero, Basell después, y LyondellBasell en la actualidad. En el año 2002, y ante el importante crecimiento del consumo de PB, especialmente del mercado europeo, se puso en marcha una planta de fabricación de materia prima en Moerdijk, Holanda.

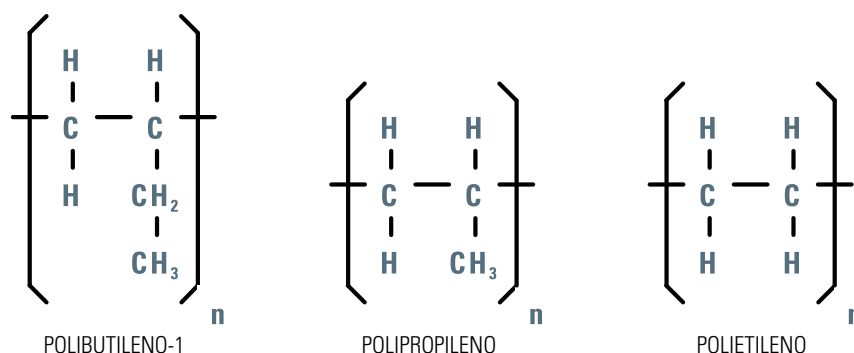
La continua investigación y desarrollo de la empresa fabricante de la materia prima, así como la experiencia de los transformadores ha conseguido un producto de características inigualables para la aplicación de sistemas de tuberías. El PB se trata de un material plástico técnico de ingeniería, distinguiéndose en características y volumen de fabricación de las poliolefinas de gran escala, conocidas como "commodities".

2.1. La materia prima: Polibutileno-1 (PB)

El Polibutileno-1 es un termoplástico parcialmente cristalino del grupo de las poliolefinas. Su densidad es del mismo orden que otros termoplásticos como el PP y el PE. Sus óptimas características mecánicas, su gran resistencia química y su estabilidad dimensional frente a la temperatura hacen del Polibutileno-1 la mejor elección para la fabricación de tuberías destinadas al transporte de agua caliente.

El PB-1 se elabora por polimerización del butileno-1 (C₄ H₈). El monómero es por tanto una molécula de 4 carbonos con enlace doble entre el primer y segundo átomo de carbono. Existe otro isómero del Polibutileno, cuya molécula base tiene el doble enlace entre el segundo y tercer carbono, llamado Poliisobutileno, con distintas características finales y aplicación.

Atendiendo a la estructura química, el Polibutileno-1 difiere de los Polietilenos o Polipropilenos sólo en el número de carbonos:



El Polibutileno-1 tiene similares características genéricas que el Polipropileno: es inyectable, y por tanto los accesorios son fabricados con el mismo material que la tubería, y soldable por fusión, características que no comparte el PEX, por tratarse éste de un termoplástico modificado. A diferencia del resto de termoplásticos para la misma aplicación, el Polibutileno-1 por su excelentes propiedades intrínsecas no necesita de procesos adicionales como copolimerización, reticulación o especial aditivación, para alcanzar las características necesarias para la aplicación. La materia prima es única y homogénea, no necesitando mezclas ni procesos posteriores que influyan en sus propiedades finales, como es el caso de la reticulación del PE para conseguir PEX, la copolimerización del PP-H para conseguir PP-R y PP-RT y la sobrecloración del PVC-U para conseguir PVC-C.



Al igual que ocurre con el PP y el PE el PB forma parte de las materias plásticas no polares: su superficie no está sometida ni a penetración ni a disolución. Este comportamiento impide que los tubos y accesorios de PB puedan ser unidos por adhesivo. Sin embargo las uniones mecánicas y de soldadura (termofusión) son perfectamente aplicables.

Su gran flexibilidad, incluso a bajas temperaturas, y su estabilidad a altas temperaturas hace del PB-1 un producto del futuro, y no sólo en las redes de distribución de las viviendas sino también en aplicaciones industriales.

2.2. El PB-1 en la distribución interior de agua potable

El objetivo de Nueva Terrain de satisfacer las exigencias de calidad más elevadas con su sistema Terrain SDP, ha justificado la utilización de criterios de selección particularmente severos para la elección final del PB-1. La decisión se basó en los últimos avances de la investigación y del desarrollo, en un conocimiento profundo del campo de las materias plásticas así como en opciones suplementarias para una evolución de un sistema con perspectiva de futuro en las técnicas de instalación y montaje.

Como consecuencia de profundos estudios y ensayos tanto en nuestros propios laboratorios como en organismos independientes se llegó a la conclusión de que la materia prima óptima para nuestro sistema Terrain SDP era el PB-1, termoplástico poliolefínico parcialmente cristalino con un elevado comportamiento a larga duración y una gran resistencia al flujo a altas temperaturas, propiedades éstas esenciales para las instalaciones interiores de agua fría y caliente, así como de calefacción.

El polibutileno, la materia plástica universal que permite tanto uniones por fusión como mediante accesorios de unión mecánica, combina numerosas características favorables como:

- estabilidad dimensional y elevado comportamiento a largo plazo.
- gran resistencia al flujo plástico, importante para la estanquidad de uniones por compresión.
- resistencia al agua caliente.



- estabilización contra las alteraciones por rayos ultravioleta durante su manejo e instalación.
- pigmentación contra la formación de algas.
- gran flexibilidad, incluso a bajas temperaturas.
- baja temperatura de fragilización.
- alta resistencia al impacto y golpes de ariete.
- alta resistencia a la abrasión.
- como consecuencia de su gran resistencia a altas temperaturas, en relación con otras materias plásticas, permite menores espesores de pared para idénticos perfiles de uso lo que se traduce además, en mayores diámetros interiores de transporte para un mismo diámetro exterior, menores velocidades de circulación para un mismo caudal, menores pérdidas de carga y menor peso de tubo por metro.
- balance energético excelente respecto a otros materiales lo que le convierte en el producto de menor impacto ambiental entre los de su aplicación

2.3. El sistema Terrain de PB-1 en la distribución interior de agua potable

El sistema Terrain SDP de tubería y accesorios fabricados en PB para la distribución de agua fría y caliente y para calefacción ofrece las siguientes ventajas:

- Ausencia de corrosión.
- Ausencia de incrustaciones.
- Alta estabilidad al envejecimiento incluso a temperaturas elevadas.
- Uniones fáciles de realizar, rápidas y seguras.
- Amplia gama de accesorios.
- Posibilidad de realizar proyectos completos en el mismo material y sistema, ofreciendo diámetros desde D15 mm hasta 160 mm.
- Inocuidad higiénica.
- Gran flexibilidad de los tubos, lo que implica montajes e instalaciones sencillas y rápidas.
- Técnicas de instalación racionales y económicas.
- Conocimientos tecnológicos de Terrain en la fabricación de tuberías y accesorios y en la puesta en obra de materiales plásticos.
- Consejos y asistencia técnica cercana al cliente, orientados a cada caso particular.

3. Características del Polibutileno y sistema de tuberías en PB

3. CARACTERÍSTICAS DEL POLIBUTILENO Y SISTEMA DE TUBERÍAS EN PB

3.1. Características del Polibutileno

3.2. Comparación de características físicas entre materiales

3.3. Transmisión de ruido

3.4. Golpe de ariete

3.5. Permeabilidad al oxígeno

3.6. Legionela

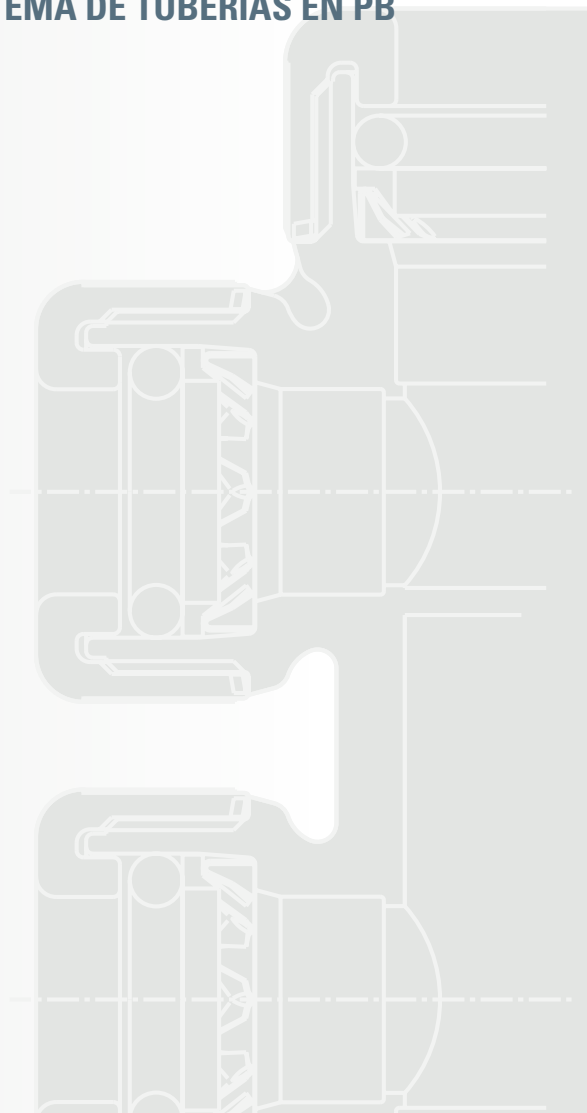
3.7. Fuego

3.8. Curvado

3.9. Agentes oxidantes

3.10. Comportamiento criogénico

3.11 Tuberías empotradas





3.1. Características del Polibutileno

| | | | |
|---|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Diámetro exterior | EN ISO 15876 | Ver EN ISO 15876-2; Punto 6.2.1 | |
| Espesor de pared | EN ISO 15876 | Ver EN ISO 15876-2; Punto 6.2.2 | |
| Color | | Gris – RAL 7001 | |
| Densidad | ISO 1183 | 925 | Kg/m3 |
| Índice de fluidez | ISO 1133 – 190°C/2,16 Kg | 0,35 | dg/min |
| Contenido de negro de carbón | -- | <0.1 | % |
| E.S.C.R. (50°C/10 % solución Igepal C0630) | ASTM D1693 | 15000 h | H |
| Límite elástico | ISO R 527 | 20 | MPa |
| Tensión de rotura | ISO R 527 | 35 | MPa |
| Módulo elástico | ISO 178 | 450 | MPa |
| Deformación en la rotura | ISO R 527 | 300 | % |
| Retracción longitudinal | EN 743 | < 2 | % |
| Dureza | ISO 868 | 60 | Shore D |
| Resistencia al impacto | ISO 180 | Sin rotura 40 | KJ/m2 a 20°C KJ/m2 a 0°C |
| Coefficiente de expansión térmica | ASTM D696 | 1,3 · 10-4 | m/mK |
| Conductividad térmica | ASTM C177 | 0,19 | W/mK |
| Temperatura de fusión | DSC | 130 | °C |
| Temperatura reblandecimiento Vicat | ISO 306 | 120 | °C |
| Temperatura de transición vítrea | DMTA | -16 | °C |
| Resistencia hidrostática a la rotura | EN 921 | Ver EN ISO 15876-2 – Punto 7 | |
| Presión hidrostática interna | EN ISO 9080 | Ver EN ISO 15876-2 – Punto 4.2 | |
| Velocidad del sonido | - | 697 | m/s |

| | | |
|-------------------------|---|---|
| Toxicidad | No tóxico – Según exigentes ensayos organolépticos y de migración de Institutos independientes varios | |
| Análisis bacteriológico | KIWA (Holanda) y la asociación alemana de agua y gas (DVGW). Guía técnica W270 | No presenta crecimiento de microorganismos tras 6 meses de inmersión. El material cumple los requisitos |

3.2 Comparación de características físicas entre materiales

| PROPIEDAD | VALOR | | | | | | UNIDADES |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|
| | PB | PEX | PP-R | PVC-C | Cobre | Acero | |
| Densidad | 925 | 940 | 900 | 1550 | 8890 | 7850 | Kg/m3 |
| Conductividad térmica | 0,19 | 0,35 | 0,22 | 0,16 | 407 | 45 | W/mK |
| Coef. Dilatación térmica | 0,13 | 0,20 | 0,15 | 0,08 | 0,018 | 0,012 | mm/mK |
| Módulo elástico | 450 | 1150 | 900 | 3500 | 120000 | 210000 | MPa |
| Resistencia a presión 20° (1) | 21,9 | 15,2 | 13,9 | 20,05 | | | bar |
| Resistencia a presión 70° (1) | 10,15 | 7,12 | 4,31 | 8,88 | | | bar |
| Velocidad sonido | 697 | 1106 | 1000 | 1503 | 3674 | 5172 | m/s |
| Esfuerzos dilatación (2) | 480 | 2245 | 1595 | 2734 | 8468 | 25437 | N |
| Resistencia a la fluencia (3) | 6,75 | 32,5 | 13,5 | | 19,31 | 18,00 | % |
| Golpe de ariete (4) | 2,99 | 4,73 | 5,12 | 8,50 | 31300 | 32900 | bar |
| Sostenibilidad(consumo energía)(5) | 6900 | 16000 | 15300 | 15000 | | | MJ |

- (1) Resistencia según norma a la temperatura definida (20 o 70° C) y 50 años para un tubo S5 (ej. 25x2,3mm) de los distintos materiales
(2) Esfuerzos generados entre dos puntos fijos por incremento de temperatura de 50° C en el material (ej. Tubo d25mm). Las dimensiones de las tuberías en cada material utilizadas para el cálculo son: PB 25x2.3 , PEx 25x2.8, PP-R 25x3.5, PVC-C 25x2.8, Cobre 22x1.2, Acero 26.9x2.65.
(3) Alargamiento en % a fluencia por tensión uniaxial de 8 MPa/23° C 10000h
(4) Sobrepresión por cierre instantáneo en tubo comercial Ø 25 mm con velocidad de agua 1,5 m/s
(5) Energía consumida para la fabricación de cada sistema de tuberías según estudio VENOB de la Universidad de Berlin

| PROPIEDAD | PB | PP-R | PEX | CPVC |
|-------------------------------------|------|------|-----|------|
| Resistencia a presión y temperatura | **** | ** | *** | ** |
| Flexibilidad | **** | ** | *** | * |
| Resistencia a la fluencia | **** | *** | ** | |
| Resistencia al choque | **** | ** | *** | * |
| Esfuerzos térmicos en instalaciones | **** | ** | *** | * |
| Sostenibilidad del sistema | **** | *** | *** | *** |
| Rapidez de la unión Øs pequeños | **** | * | *** | ** |
| Disponibilidad unión Øs grandes | **** | **** | ** | *** |

**** Excelente
 *** Buena
 ** Regular
 * Pobre

Explicación de las principales cualidades del PB como material para sistemas de fontanería y calefacción:

| PROPIEDAD | APLICACIÓN | POLIBUTILENO |
|-------------------------------------|--|--|
| Densidad | Menor peso: facilita la manipulación, abarata el costo y reduce el impacto medioambiental de su proceso de fabricación | Los sistemas plásticos en general se benefician de su ligereza respecto de los metálicos |
| Conductividad térmica | Reduce las pérdidas de calor y la posibilidad de condensaciones por cara fría | De nuevo es una característica típica de los sistemas plásticos, siendo el PB de los de valor inferior |
| Dilatación térmica | La dilatación de los materiales plásticos por cambio de temperatura es superior a los metálicos: Se debe tener en cuenta para la compensación de las mismas. | Aunque el PB tiene una dilatación menor que el resto de los materiales plásticos, siempre hay que tener en cuenta las dilataciones |
| Módulo elástico | La mucho menor rigidez de las tuberías (menor módulo elástico) facilita la manejabilidad en obra, y reduce la generación de esfuerzos asociados al funcionamiento de las instalaciones: golpes de ariete, puntos fijos y dilataciones, ... | Es el material más elástico de entre todos los de la aplicación, y por tanto el más manejable y que menor esfuerzos genera |
| Resistencia a presión y temperatura | La característica que define de forma principal a un sistema de tuberías es su resistencia a la presión y temperatura. Dicha información viene caracterizada en las curvas de regresión del material, el ADN de la tubería. | El Polibutileno es el material con mejor resistencia a la presión en función de la temperatura. Implica menores espesores para una misma resistencia requerida, o mejor resistencia para el mismo espesor. |
| Resistencia a la fluencia | La fluencia representa la deformación del material a lo largo del tiempo bajo carga constante. Es básico en las uniones por compresión como aseguramiento de la estabilidad dimensional del tubo | El PB tiene una fluencia mínima, conservando su dimensión bajo carga constante |
| Velocidad sonido | Al ser el material muy elástico, la transmisión del sonido y por tanto el ruido a través del medio físico que supone la red de tuberías es muy inferior al resto de materiales | Resulta el material más aislante a la transmisión de ruidos. |
| Esfuerzos dilatación | El bajo módulo elástico del material implica que los esfuerzos generados por las dilataciones entre puntos fijos de la instalación sean mucho menores. | El PB no genera problemas en instalación por los esfuerzos de dilatación |
| Golpe de ariete | Los picos de presión producidos por cierres de paso de fluido instantáneos son fuente de problemas en sistemas de tuberías rígidos | El PB absorbe de forma excelente los esfuerzos asociados a los golpes de ariete en instalaciones |
| Sostenibilidad | La construcción sostenible exige sistemas cuya fabricación suponga un menor consumo de recursos | El Polibutileno es el sistema que consume menores recursos en su fabricación y de menor agresión al medio ambiente |



3.3. Transmisión de ruido

Las características de los termoplásticos, y fundamentalmente del Polibutileno, lo convierten en un excelente aislante acústico de la instalación, especialmente respecto de los materiales metálicos. Se evitan, de esta manera, los ruidos asociados a las instalaciones de fontanería y calefacción, tanto por la conducción del fluido a través de las tuberías y accesorios y golpes de ariete, como por los movimientos térmicos producidos en la misma.

La transmisión material del sonido a través del sistema de tuberías depende directamente de la velocidad del sonido en cada material. La velocidad del sonido depende del propio material en que se transmite y está relacionada con el módulo elástico y la densidad del producto, según la fórmula:

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Que resulta para cada material:

| MATERIAL | MÓDULO ELÁSTICO (MPa) | DENSIDAD (kg/m³) | VELOCIDAD SONIDO (m/s) |
|----------|-----------------------|------------------|------------------------|
| PB | 450 | 925 | 697 |
| PEX | 1150 | 940 | 1106 |
| PP-R | 900 | 900 | 1000 |
| PVC | 3500 | 1550 | 1503 |
| Acero | 210000 | 7850 | 5172 |
| Cu | 120000 | 8890 | 3674 |
| Goma | 90 | 900 | 316 |

3.4. Golpe de ariete

Una columna de agua en movimiento dentro de una tubería contiene energía cinética almacenada, en función de su masa y su velocidad. Debido a que el agua es un fluido aproximadamente incompresible, esta energía no puede ser absorbida cuando una válvula es cerrada de forma repentina. El resultado es una elevada sobrepresión instantánea, normalmente conocida como golpe de ariete. Los problemas asociados al golpe de ariete son uno de los más frecuentes factores de fallo en tuberías metálicas, debido a su rigidez. En las tuberías plásticas, su bajo módulo elástico, especialmente en el caso del PB, implica que las presiones generadas son de muy menor valor, y por tanto, se puede decir de forma general que no generan problemas en las instalaciones.

Cinco factores determinan la severidad del golpe de ariete:

- Velocidad de fluido
- Módulo de elasticidad del material de la tubería
- Diámetro interno de la tubería
- Espesor de pared de la tubería
- Tiempo de cierre de la válvula

Existen distintos modelos matemáticos que calculan de forma teórica el efecto del golpe de ariete, siendo los más utilizados los basados en las fórmulas de Allievi, que se resumen según a continuación, para tiempo de cierre de válvula rápido y agua como fluido conducido:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{47.3 + \frac{k}{E} \cdot \frac{D}{e}}} \Rightarrow \Delta P = \frac{C \cdot V}{100} \text{ [bar]}$$

Donde: **C** es la celeridad o velocidad de propagación de la onda de presión (m/s)

k = constante de cálculo empírico de valor 10^5

E = módulo de elasticidad del material de la tubería (MPa)

D = diámetro interior de la tubería (mm)

e = espesor de pared de la tubería (mm)

ΔP = sobrepresión producida (bar)

V = velocidad del agua (m/s)

El bajo módulo elástico de Polibutileno-1, combinado con un espesor de pared reducido, da lugar a una sobrepresión por golpe de ariete muy inferior al resto de materiales, y perfectamente asumible por la capacidad resistente del sistema de tuberías. A modo de ejemplo, a continuación aportamos los valores resultantes para una conducción de diámetro exterior 25 mm para distintos materiales y una velocidad de fluido de 1,5 m/s (evidentemente los tubos plásticos de más espesor en este ejemplo aportarían menos caudal).

| | E (Mpa) | D (mm) | e (mm) | V (m/s) | ΔP (bar) |
|------------|---------|--------|--------|---------|----------|
| PB | 450 | 25 | 2,3 | 1,5 | 2,99 |
| PEX | 1150 | 25 | 2,8 | 1,5 | 5,17 |
| PP | 900 | 25 | 3,5 | 1,5 | 5,12 |
| PVC-C | 3500 | 25 | 2,8 | 1,5 | 8,54 |
| Acero inox | 210000 | 22 | 1,2 | 1,5 | 19,82 |
| Cu | 120000 | 22 | 1,0 | 1,5 | 18,31 |

La sobrepresión producida por el golpe de ariete se debe sumar a la presión de servicio de la instalación.

3.5. Permeabilidad al oxígeno

Es aceptado que los componentes metálicos de las instalaciones de tuberías de suministro de agua y calefacción pueden resultar oxidados por el contenido de oxígeno disuelto en el agua conducida. En los circuitos abiertos de suministro de agua, la entrada de oxígeno es múltiple, y se entiende no necesaria una impermeabilización de las tuberías plásticas de conducción. Sin embargo, en circuitos cerrados tales como los de calefacción, se recomienda minimizar el ingreso de oxígeno a través de la pequeña permeabilidad de las tuberías plásticas. Se utilizan, para esa aplicación tuberías multicapa con alguna capa de material impermeable al oxígeno (generalmente EVOH o aluminio).



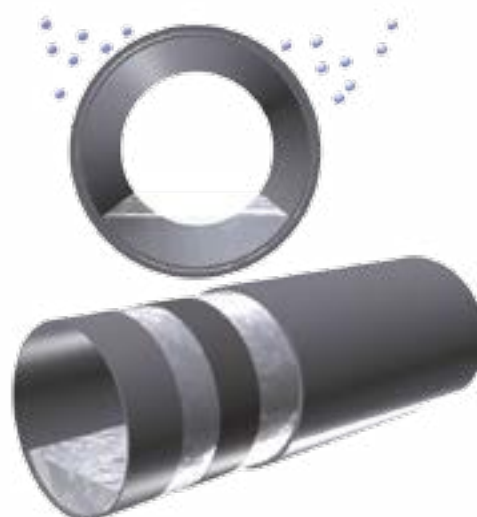
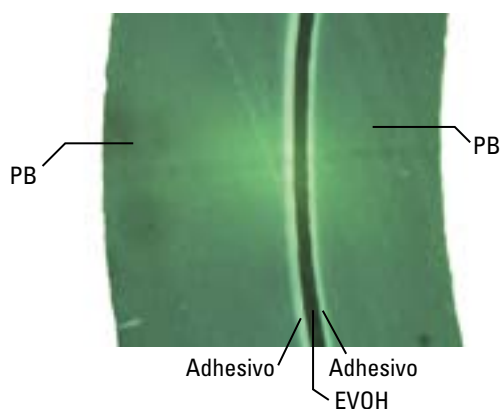
Nueva Terrain dispone de una tubería multicapa impermeable al oxígeno de 5 capas: PB/Adhesivo/EVOH/Adhesivo/PB. La tubería así constituida resulta absolutamente equivalente a la monocapa para su utilización y aplicación. A diferencia de otras tuberías multicapa que alteran la funcionalidad de la tubería, la tubería multicapa de Nueva Terrain puede unirse mediante los mismos accesorios de push-fit de catálogo. Al estar la capa EVOH en el centro del tubo, la misma no se ve alterada por factores externos, conservando su impermeabilización durante toda su vida útil, a diferencia de los de capa externa.

Como comparador e indicador de los valores reales de permeabilidad al oxígeno de cada tubería, se realizó ensayo específico en el Instituto holandés Kiwa, obteniéndose los resultados según a continuación, para agua conducida a 40° C:

| Material | PB | PE-Xa | PE-Xb | PE-Xc | PP-R80 | PE-Xc-Al | PB-EVOH |
|--------------------------------------|-----|-------|-------|-------|--------|----------|---------|
| g ⁰² /m ³ .día | 1,2 | 3,87 | 3,22 | 7,86 | 2,82 | <0,0003 | <0,0003 |

Project number: 30.5112.070.001

Vista al microscopio de una sección del tubo con el detalle de la 5 capas



3.6. Legionela

La legionela es una bacteria presente ocasionalmente y de forma natural en las redes de distribución de agua, y que presenta un potencial peligro de salud para los usuarios de dichas instalaciones. Los elementos a combatir para la reproducción en los sistemas de tuberías en edificación de dicha bacteria son la temperatura de reproducción de la misma y la formación de biocapa como sustrato de alimento y colonización de la bacteria.

La temperatura de reproducción de la legionella está en el intervalo entre 20 y 50° C, por lo que hay que evitar la temperatura del agua en ese rango. De otro lado, la formación de biocapa viene favorecida por la acumulación de agua estancada, la temperatura en el intervalo mencionado, la rugosidad de las tuberías y la posible corrosión metálica de las mismas.

La temperatura de aniquilación de la legionella se establece en 70° C, y es por ello que los tratamientos de desinfección térmica obligan a la elevación del fluido hasta esa temperatura. Las propias normas de producto internacionales contemplan dicha temperatura de trabajo para esa aplicación, en lo que se define como clase 2 de aplicación (ver capítulo 5). Nueva Terrain recomienda por tanto especificar el diseño de las instalaciones como para soportar estos 70° C de temperatura.

La mejor elección de material (el PB resulta óptimo en ese sentido), así como un correcto diseño y adecuado mantenimiento de la instalación, redundarán en la ausencia de problemas.

Las tuberías de PB, por su baja rugosidad, su ausencia de corrosión metálica, y su óptima resistencia a 70° C (temperatura de aniquilación de la bacteria) son ideales para la evitación de problemas de legionela. Son, así mismo, aptas para tratamientos de desinfección química anuales (30 ppm de Cl a 30°C, 6 bar y durante 2 h), según ensayo realizado por el fabricante de materia prima, Basell, en laboratorio independiente.

3.7. Fuego

El Polibutileno, como el resto de polímeros orgánicos utilizados para la aplicación, arde. Es difícil provocar la ignición, pero es clasificado como combustible, aunque no altamente inflamable. El comportamiento es equivalente al del resto de poliolefinas.

Cuando el Polibutileno-1 es calentado, la fusión se inicia a unos 130 °C, comenzando la descomposición a aproximadamente 300° C, liberando hidrocarburos volátiles de bajo peso molecular. La llama o fuente de calor puede provocar la ignición de estos últimos. Una vez que se produce la ignición, el calor generado será suficiente para continuar el fuego, siempre que el aporte de oxígeno sea suficiente.

Estos comentarios son de carácter general y teórico, puesto que las condiciones reales no son las ideales ni generalmente predecibles. Dependerán de muchos factores, tales como la localización, la disponibilidad de oxígeno y la presencia de otros materiales inflamables. En combustión completa si existe el suficiente aporte de oxígeno, los productos de combustión principales son dióxido de carbono y agua, así como pequeños restos de productos de descomposición y oxidación, a menudo irritantes, en muy bajas concentraciones.

Por ser una poliolefina, según mencionado, las características de inflamabilidad y comportamiento ante el fuego del PB-1 son similares a los del Polietileno y Polipropileno.

En ensayo realizado en los Laboratorios Springborn, en Enfield, Connecticut, el Polibutileno-1 resultó conforme a los requisitos del Underwriters Laboratories test, en relación con su resistencia al fuego, y clasificado como material **UL94HB**.

El PB-1 es clasificado de acuerdo a **Clase IV.2** (inflamabilidad normal) en las recomendaciones de VKF (Asociación Cantonal Suiza de Seguros de fuego).

De acuerdo a la norma alemana DIN 4102-1, el Polibutileno-1 pertenece a la **Clase B2** de protección al fuego.

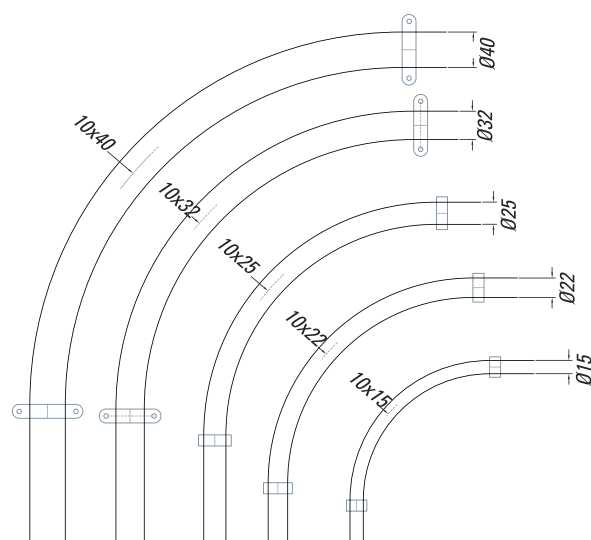
El índice de oxígeno límite para la combustión para el PB-1, de acuerdo a la norma ASTM D2863-11, es **17,5**.

3.8. Curvado

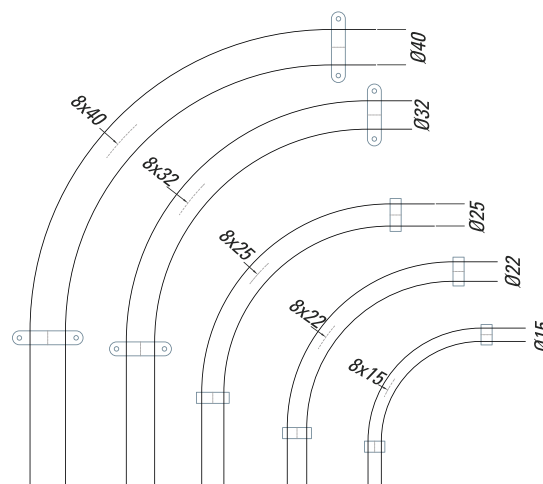
Las tuberías de PB, por su bajo módulo elástico y menor espesor necesario para la misma resistencia, resultan el sistema más flexible del mercado, y por tanto de más sencilla manipulación y posibilidad de curvado en frío.

Como el resto de termoplásticos, la tubería no debe ser curvada nunca en exceso para evitar elongación extrema de la generatriz externa de la curva.

En ese sentido, se recomienda no realizar curvas de radio de curvatura inferior a 8 veces el diámetro de la tubería en rollo, 30 veces el diámetro en el caso de que se curve en sentido contrario al del rollo y de 10 veces en tubería de tramo recto.



Curvatura máxima de tubos rectos



Curvatura máxima de tubos en rollo

ATENCIÓN: Bajo ningún concepto, además de no resultar necesario, se debe realizar el curvado con fuente de calor externa.

3.9. Agentes oxidantes

El Polibutileno, como el resto de poliolefinas es altamente resistente a disolventes y productos químicos, con algunas pocas excepciones. El PB-1 puede resultar atacado por disolventes orgánicos no polares, tales como el benceno, tolueno, cloruro de carbono, ... Consulte en todo caso la tabla de resistencia a los agentes químicos que se encuentra en anexo 8 de este manual para aplicaciones específicas.

Anotación: la tabla de resistencia a los agentes químicos solo se refiere al PB-1 pero no a los otros posibles componentes de la instalación, como el EPDM (junta elástica), latón, etc.. Por favor póngase en contacto con nosotros para averiguar la posibilidad de utilizar nuestro sistema para agentes químicos.

El cloro es un agente oxidante severo tanto del Polibutileno como del resto de poliolefinas. Los porcentajes que se encuentran en las redes de agua potable (< 1ppm) no resultan perjudiciales, ni tampoco los tratamientos tipo de frecuencia anual que se realizan como prevención de aparición de la bacteria de la legionela.

Los rayos ultravioleta de la luz solar pueden provocar o acelerar la degradación del material. Se debe **almacenar el producto protegido de la exposición directa a la luz**, así como en su aplicación final. En el caso de aplicación a la intemperie, se recomienda su envainado o pintado como protección.

Si se decide pintar, es preferible el uso de pinturas de emulsión (al agua) para pintar el Polibutileno. De todas maneras, se pueden utilizar pinturas de esmalte en base aceite con imprimación. No utilizar pinturas en base celulosa, decapantes o disolventes.

Antes de pintar, asegúrese de que las superficies estén limpias, secas y libres de grasa. Consulte la composición de la pintura o al especialista en caso de duda

3.10. Comportamiento criogénico



La tubería congelada dilata sin llegar a la rotura, evitando provocar fugas de agua en instalaciones expuestas a las bajas temperaturas

El Polibutileno es un material muy adecuado para aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado. Conserva su flexibilidad mejor que otros materiales a temperaturas bajo cero y resiste a las familias de glicoles utilizados como anticongelantes. Los ensayos realizados en nuestros laboratorios indican un comportamiento y resistencia óptimos en estas condiciones.

La temperatura de transición vítrea es de -16°C , habiéndose realizado ensayos de presión a temperaturas de hasta -40°C . Su flexibilidad hace que soporte las congelaciones del agua conducida sin rotura, a diferencia de los materiales más rígidos, que rompen en caso de heladas.

3.11. Tuberías empotradas

Siempre se recomienda utilizar protección para las tuberías que se instalen empotradas, tanto si son tuberías metálicas como si son de material plástico. Los motivos son diferentes en cada caso:

- **Tuberías metálicas de agua fría:**

- Para protegerlas de los daños que causa el agua que se condensa
- Para evitar ruidos

- **Tuberías metálicas de agua caliente:**

- Para proteger daños en los tabiques y sistema de tuberías debidos a los esfuerzos de dilatación
- Para evitar ruidos

- **Tuberías plásticas de agua fría y caliente:**

- Para proteger las tuberías de posibles daños (roces, pinchazos etc ...)

Aunque no es recomendable, las tuberías “desnudas” de PB-1 se podrían instalar empotradas siempre que se tenga mucho cuidado de que no hay cantos afilados o zonas abrasivas que puedan dañarlas. Además habrá que asegurarse de que la profundidad a la que se empotran sea suficiente para que las fuerzas de dilatación no lleguen a romper la superficie del muro o suelo.

La mejor manera para proteger las tuberías de PB-1 cuando se instalan empotradas es utilizar tubo corrugado.





4. RESISTENCIA A LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

- 4.1. Procedimiento de cálculo de la presión de servicio de una tubería
- 4.2. Cálculo de la presión de diseño de una tubería
- 4.3. Curva de regresión
- 4.4. Factor de seguridad
- 4.5. Ejemplo de cálculo
- 4.6. Series de tuberías
- 4.7. Presiones de norma obtenidos a partir de este proceso
- 4.8. Equivalencias dimensionales

Más allá de las ventajas que las anteriores características del Polibutileno suponen respecto del resto de materiales, la propiedad principal que separa al PB del resto de materiales es su superior resistencia a la presión y temperatura en comparación con los otros plásticos utilizados para esta aplicación.



4. Resistencia a la presión y temperatura del sistema de tuberías

Las características mecánicas del material, que se reproducen de forma objetiva en las normas de producto, explican la mejor resistencia de la tubería con los mismos espesores, o bien la necesidad de menores espesores para la misma presión de diseño que se elija para la instalación. A continuación exponemos resumidamente el proceso de cálculo de la presión de diseño para un tubo de cualquier material, a una temperatura dada y para una vida útil determinada.

Recuerden que el tubo plástico siempre deberá ir caracterizado por estas tres variables: **presión, temperatura y vida útil**.

Desgraciadamente y a menudo se puede encontrar en el mercado definición de la tubería con sólo un par de dichas características, o aún peor, con ambas tres pero no correspondientes: “el tubo aguanta 95° C y 10 bar”, pero olvidando citar que no a dicha temperatura.

4.1. Procedimiento de cálculo de la presión de servicio de una tubería

Los datos que se necesitan y las ecuaciones y gráficos que se utilizan para el cálculo de la presión de servicio son los siguientes:

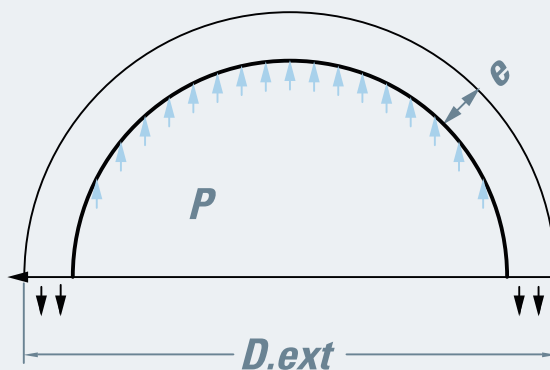
- Parámetros de cálculo: tubo (diámetro, espesor y material), temperatura de servicio y vida útil
- Ecuación de resistencia a la presión de la tubería → Ecuación de Lamé
- Ecuación de tensión del material de la tubería en función de la temperatura y vida útil → Curvas de regresión
- Aplicación de los coeficientes de seguridad

4.2. Cálculo de la presión de diseño de una tubería

La ecuación por la que se obtiene la presión hidráulica que resiste una tubería en función de la tensión hidrostática del material del que está fabricado es muy sencilla y directa:

$$P = \frac{2 \sigma e}{D - e}$$

Donde: **P** es la presión que resiste la tubería. (MPa)
σ es la tensión del material. (MPa)
D es el diámetro exterior de la tubería. (mm)
e es el espesor de la tubería. (mm)



Se trata de la llamada ecuación de Lamé que resulta del cálculo de resistencia de materiales de un elemento cilíndrico con presión interna. El problema por tanto reside en la determinación de la tensión hidrostática del material, que no se trata de un valor único, sino que es dependiente de la temperatura y vida útil de la tubería. Esta información viene incluida en las llamadas curvas de regresión de cada material, que se aportan de manera objetiva en las normas de cada producto.



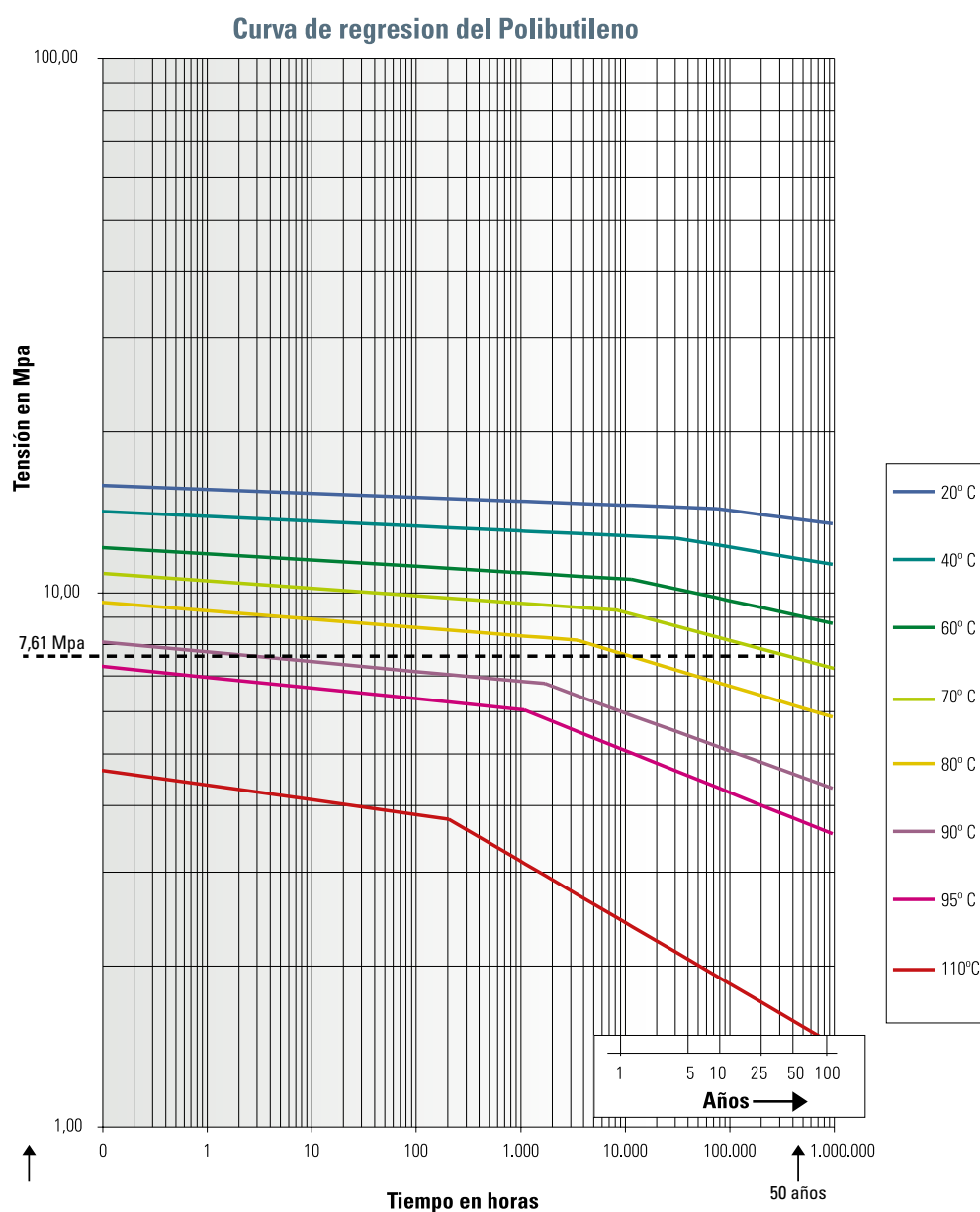
4.3. Curva de regresión

Según comentado en el anterior apartado, la curva de regresión de un material plástico es la gráfica que nos da la evolución de la resistencia de dicho material en función de la temperatura y vida útil. Esta curva se obtiene mediante ensayos funcionales de presión interna en institutos independientes que luego se incluyen en las normas de cada sistema de tuberías para el cálculo de las presiones nominales de cada tubería. Supone por tanto, el “carnet de identidad” que identifica a cada material, y por tanto, de cada tubería.

Existe una norma de cálculo de estas curvas, ISO 9080, que es la que se aplica a todos los productos.

El valor que se obtiene de la gráfica, dados una temperatura y una vida útil, es la **tensión de trabajo** del material, σ , generalmente expresada en Megapascuales (Mpa) [1 Mpa = 10 bar]. Con este dato aplicado a la fórmula anterior, obtenemos la presión de rotura esperada para la tubería a esas condiciones de temperatura y vida útil de la tubería.

En la siguiente gráfica, pueden encontrar la curva de regresión para el PB incluida en su norma internacional de aplicación, EN ISO 15876, así como la obtención de un punto de la misma según el ejemplo del apartado final



Curva de referencia para la resistencia esperada del Polibutileno según la Norma UNE-EN ISO 15876:2004

4.4. Factor de seguridad

Dado que la ingeniería de materiales no permite ni contempla el diseño de instalaciones en el límite de rotura, se debe aplicar un coeficiente de seguridad a la tensión hidrostática obtenida, para calcular finalmente la presión de diseño de la tubería. Se trata de un simple factor corrector que se aplica de forma directa y proporcional, y que viene incluido en las propias normas de materiales mencionadas. Es función del límite de confianza obtenido en la aproximación estadística de la curva de regresión, según los datos empíricos de rotura de los ensayos de presión interna realizados.

Los coeficientes que se aplican a cada material en función de la temperatura de cálculo y según norma son:

Coeficientes en función de la temperatura

| MATERIAL | T _D | T _{fría} | T _{max} | T _{mal} |
|----------|----------------|-------------------|------------------|------------------|
| PB | 1,50 | 1,25 | 1,30 | 1,00 |
| PEX | 1,50 | 1,25 | 1,30 | 1,00 |
| PP-R | 1,50 | 1,40 | 1,30 | 1,00 |
| PE-RT | 1,50 | 1,25 | 1,30 | 1,00 |
| PVC-C | 1,80 | 2,50 | 1,70 | 1,00 |

T_D: Temperatura de diseño

T_{fría}: Temperatura de agua fría, hasta 25°C

T_{max}: Temperatura máxima de diseño, mantenida únicamente en periodos cortos

T_{mal}: Temperatura de malfuncionamiento.

4.5. Ejemplo de cálculo

Vamos a obtener como ejemplo la presión de diseño para unas condiciones y tubería específicas según el procedimiento explicado. De este modo, el usuario podrá obtener él mismo el valor para cualquier otra condición y material.

Condiciones de trabajo: 70° C – 50 años – Factor de Seguridad 1,5

Tubería: **Diámetro:** 25 mm – **Espesor:** 2,3 mm – **Material:** Polibutileno

Paso 1:

Obtenemos la tensión hidrostática del material a las condiciones definidas entrando a la curva de regresión del PB: punto intersección de la curva de 70° C y la vertical de 50 años del eje X. El valor obtenido es: 7,61 MPa, que corresponde con la tensión sin coeficiente de seguridad en esas condiciones.

Paso 2:

Le aplicamos el factor de seguridad que especifica la norma para la temperatura de trabajo, 1,5. Tenemos la tensión de diseño, que será:

$$\sigma_d = \frac{7.61}{1.5} = 5.07 \text{ MPa}$$

Paso 3:

Aplicamos la ecuación que relaciona la geometría del tubo y la tensión del material con la presión de trabajo, obteniendo

$$P = \frac{2 \cdot \sigma \cdot e}{D - e} = \frac{2 \cdot 5,07 \cdot 2,3}{25 - 2,3} = 1,03 \text{ MPa} = 10,3 \text{ bar}$$

Y por tanto tenemos una presión de trabajo de 10,3 bares a 70° C y 50 años para la tubería de PB de 25x2,3 mm.



Las normas de producto de los diferentes materiales plásticos incluyen las ecuaciones que rigen las curvas de regresión. Si se quiere obtener un resultado preciso es posible resolver las ecuaciones logarítmicas propuestas.

4.6. Series de tuberías

Las dimensiones de las tuberías tanto en diámetro como en espesor están normalizadas para asegurar la compatibilidad de materiales y la existencia de series de tuberías (S) que aseguran la misma resistencia.

Estas “series” de tuberías son las que tienen una misma relación entre diámetro y espesor, y por tanto una misma resistencia para todo el rango de diámetros. Debido a esto se suele definir el conjunto de tuberías por su valor S o SDR, que corresponden a una misma resistencia.

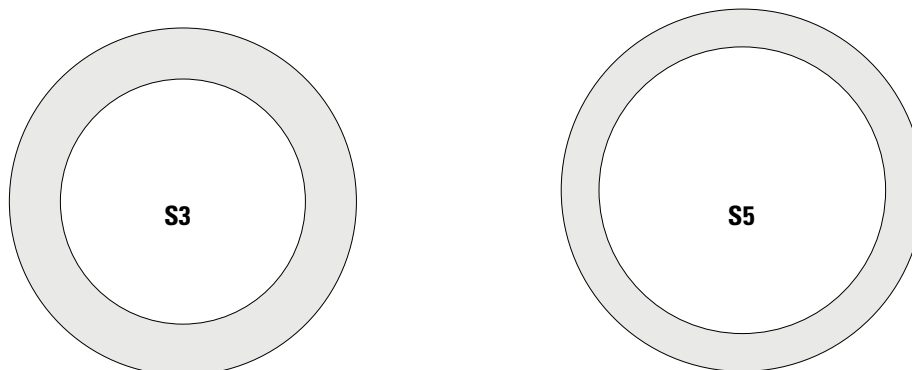
El valor SDR representa una relación dimensional y el valor S una relación entre tensión del material y presión de servicio. Ambas dos están también directamente relacionadas, según las ecuaciones siguientes:

Donde: **e** es el espesor
D es el diámetro exterior
S es la serie de tubería
SDR es la relación estándar de dimensiones (standard dimension ratio)

$$SDR = \frac{D}{e} = 2 \cdot S + 1$$

$$S = \frac{D - e}{2 \cdot e} = \frac{SDR - 1}{2}$$

Para un mismo diámetro de tubería, los valores S y SDR son menores cuanto mayor espesor se tenga. Tuberías del mismo material y valor de S (y SDR) pero de diferente diámetro, tienen la misma resistencia a la presión interna.



Comparación de tuberías del mismo diámetro y diferente valor de S (y SDR). A mayor valor de S el espesor es menor.

Las conducciones de agua fría relacionaban esa resistencia con su valor PN o presión nominal, que estaba evidentemente relacionado con cada serie de tuberías.

Para la aplicación de ACS este valor pierde relevancia, dado que la resistencia de cada temperatura para agua caliente (60 o 70° C) no tiene nada que ver con ese valor de PN.

* PN= presión nominal a 20°C y 50 años, con factor de seguridad incluido.

En el capítulo siguiente explicaremos la resistencia de cada tubería para esas aplicaciones, que se aportan en la norma de cada material con un cálculo equivalente al explicado.

Frecuentemente, las tuberías se identifican con su valor S o SDR, y diámetro, sin necesidad de especificar el espesor que viene dado en las tablas normalizadas de dimensiones.

Así, el catálogo de tuberías de Polibutileno Terrain SDP corresponde al tubo de serie S 5 o SDR 11 (a excepción de los diámetros inferiores 15, 16 y 20 mm). Vea tablas a continuación.

Características de la tubería para unión Push-Fit del sistema Nueva Terrain

| Clase de tubería según UNE EN 15876 | | Clase 2 (70°C, 10 bar, 50 años, C 1,5) | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----|---|------|------|------|------|----------|------|------|------|
| (antigua PN en bar) | | 27,2 bar | | | | | 21,8 bar | | | |
| Serie de la tubería | | 4 | | | | | 5 | | | |
| SDR | | 9 | | | | | 11 | | | |
| Diámetro exterior de la tubería | mm | 15 | 16 | 20 | 22 | 25 | 28 | 32 | 40 | 50 |
| Espesor de pared | mm | 1,7 | 1,8 | 2,3 | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,9 | 3,7 | 4,6 |
| Diámetro interior de la tubería | mm | 11,6 | 12,4 | 15,4 | 18,0 | 20,4 | 23,0 | 26,2 | 32,6 | 40,8 |

Características de la tubería para la unión por Termofusión y Electro-testa del sistema Nueva Terrain

| Clase de tubería según UNE EN 15876 | | Clase 2 (70°C, 10 bar, 50 años, C 1,5) | | | | | | | | | | | Clase 2 (70°C, 8 bar, 50 años, C 1,5) |
|-------------------------------------|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--|
| (antigua PN en bar) | | 27,2 | | | | | | | | | | | 19 |
| Serie de la tubería | | 4 | | | | | | | | | | | 5 |
| SDR | | 9 | | | | | | | | | | | 11 |
| Diámetro exterior de la tubería | mm | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 160 |
| Espesor de pared | mm | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,9 | 3,7 | 4,6 | 5,8 | 6,8 | 8,2 | 10,0 | 11,4 | 14,6 |
| Diámetro interior de la tubería | mm | 11,6 | 15,4 | 20,4 | 26,2 | 32,6 | 40,8 | 51,4 | 61,4 | 73,6 | 90,0 | 102,2 | 130,8 |

La reducción de resistencia en el diámetro 160mm se debe a los enormes esfuerzos de tracción que se generan en instalaciones de este diámetro.

Es una medida de precaución que no afecta a su prescripción en obra, ya que la resistencia que ofrece es más que suficiente para poder usarse en cualquier instalación de fontanería o calefacción.

Según mencionado, todas las tuberías de una misma serie tienen la misma resistencia, ya que la ecuación de Lamé también se puede formular de la siguiente manera:

P: presión interna (MPa)
σ: tensión hidrostática (MPa)
S: serie de la tubería
D: diámetro exterior de la tubería (mm)
e: espesor de la tubería (mm)

$$P = \frac{2 \sigma e}{D - e} = \frac{\sigma}{S}$$

Como S es un valor adimensional, las unidades que se utilicen para la tensión σ serán las que se obtengan para la Presión (P)



4.7. Presiones de norma obtenidos a partir de este proceso

Las normas de cada producto establecen las presiones de trabajo para cada serie de tuberías y aplicación (ACS o calefacción) en función de los cálculos anteriores. A continuación en una tabla resumimos las presiones de trabajo para cada clase de aplicación y material, según las citadas normas, de la serie de tuberías S5:

Presiones de trabajo

| APLICACIÓN | CLASE | PB | PEX | PP-R | PE-RT I | PP-RTC | PVC-C |
|--------------------------------|---------|----|-----|------|---------|--------|-------|
| ACS a 60° | Clase 1 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 |
| ACS a 70° | Clase 2 | 10 | 6 | 4 | 4 | 6 | 8 |
| Calefacción a baja temperatura | Clase 4 | 10 | 8 | 6 | 6 | 6 | - |
| Calefacción a Alta temperatura | Clase 5 | 8 | 6 | - | 4 | 4 | - |

* Presiones en bar.

* Las clases 4 y 5 no son aplicables para el PVC-C

4.8. Equivalencias dimensionales

En función de lo anterior, y teniendo en cuenta la disponibilidad de dimensiones normalizadas para cada material, a continuación les exponemos la correspondencia de tuberías comerciales entre materiales.

La equivalencia se realiza en función de diámetro interior, que es el que aporta el caudal y el que define el diámetro nominal (DN) en los países centroeuropeos, frente al criterio español de definición de DN por el diámetro exterior, según se indica en las normas de producto. Recuerden, más allá de la siguiente equivalencia, que la selección final vendrá dada por el proyectista, pero que en todo caso las tuberías plásticas, y en especial el PB, admiten velocidades de fluido superiores, por lo que resultan diámetros interiores de tubería siempre menores.

| DN | Acero Galvanizado DIN2440/2448 | | | CLASE 2 / 10 bar PB | | | CLASE 2 / 8 bar PP-R Serie 2,5 (SDR 6) | | PP-R CLASE 2 / 6 bar PEX CLASE 2 / 10 bar Serie 3,2 (SDR 7,4) | | CU (DIN1786) ACERO INOX | |
|-----|-----------------------------------|-------|-------|------------------------|------------------|-----|---|-------|---|------|----------------------------|-------|
| DN | Pilg. | De | Di | De | Di | SDR | De | Di | De | Di | De | Di |
| 10 | 3/8" | 17,2 | 12,5 | 15* | 11,6 | 9 | --- | --- | --- | --- | 15 | 13,0 |
| 10 | 3/8" | 17,2 | 12,5 | 16* | 12,4 | 9 | --- | --- | 16 | 11,6 | 15 | 13,0 |
| 15 | 1/2" | 21,3 | 16,0 | 20 | 15,4 | 9 | 25 | 16,6 | 20 | 14,4 | 18 | 16,0 |
| 20 | 3/4" | 26,9 | 21,6 | 22 | 18 | 11 | --- | --- | 25 | 18,0 | 22 | 19,6 |
| 20 | 3/4" | 26,9 | 21,6 | 25 | 20,4 | 11 | 32 | 21,2 | --- | --- | --- | --- |
| 25 | 1" | 33,7 | 27,2 | 28** | 23,0 | 11 | --- | --- | --- | --- | 28 | 25,6 |
| 25 | 1" | 33,7 | 27,2 | 32 | 26,2 | 11 | 40 | 26,6 | 32 | 23,2 | 28 | 25,6 |
| 32 | 1 1/4" | 42,4 | 35,9 | 40 | 32,6 | 11 | 50 | 33,4 | 40 | 29,0 | 35 | 32,0 |
| 40 | 1 1/2" | 48,3 | 41,8 | 50 | 40,8 | 11 | 63 | 42,0 | 50 | 36,2 | 42 | 39,0 |
| 50 | 2 | 60,3 | 53,0 | 63 | 51,4 | 11 | 75 | 50,0 | 63 | 45,8 | 54 | 51,0 |
| 65 | 2 1/2" | 76,1 | 68,8 | 75 | 61,4 | 11 | 90 | 60,0 | 75 | 54,4 | 76,1 | 72,0 |
| 80 | 3" | 88,9 | 80,8 | 90 | 73,6 | 11 | 110 | 73,4 | 90 | 65,4 | 88,9 | 85,0 |
| 100 | 4" | 114,3 | 105,3 | 110 ** (125) | 90,0 (102,2) | 11 | 125 | 83,4 | 110 | 79,8 | 108,0 | 103,0 |
| 125 | 5" | 139,7 | 131,7 | 125 ** (160) | 102,2 (130,8) | 11 | 160 | 106,8 | | | 133,0 | 127,0 |
| 150 | 6" | 168,3 | 159,3 | 160 | 130,8 | 11 | | | | | 159,0 | 153,0 |

* Considerado como 1/2" debido a la mayor velocidad de flujo permitida en el PB

** Conversión oficial del fabricante

Nota: Las tubería de PB debido a su baja rugosidad pueden transportar fluidos a velocidades superiores, por lo tanto para transportar el mismo caudal pueden instalarse diámetros menores.

5. Normativa internacional para sistemas de tuberías

5. NORMATIVA INTERNACIONAL PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS

5.1. Normativa internacional para sistemas de PB: UNE-EN ISO 15876

5.2. Campo de aplicación de los sistemas de PB

5.3. Clasificación de las condiciones de servicio de los sistemas de PB

5.4. Método de cálculo para el dimensionado de los tubos

5.5. Marcado de las tuberías

Nº 001/00234561 N°001/003001 N°002/004003 N° 001/00234561
Nº 001/00234562 N°001/003002 N°002/004004 N° 001/00234562
Nº 001/00234563 N°001/003003 N°002/004005 N° 001/00234563

El famoso tratado de Maastricht del año 1992 y la reinención de la unión europea, supuso a la vez que la supresión de fronteras y monedas nacionales, la eliminación de las normas de producto locales, mediante la elaboración de una normativa única que afectara a todos los países miembros. Así, al mismo tiempo que desapareció la peseta, el marco, el franco y demás monedas nacionales, dejaron de existir las normas particulares de cada país. En el caso de los sistemas de PB, la UNE 53415 para España, la BS 7291 para Gran Bretaña, la DIN 16969 para Alemania, y tantas otras normas, se derogaron por la nueva EN ISO 15876. La elaboración de esta norma, en la que Nueva Terrain participó como ponente a través de su Director de Calidad, Juan Carlos Casas, cambió el modo de identificar y controlar los sistemas de tuberías termoplásticos para suministro de agua fría, caliente y calefacción, como a continuación explicaremos. Todavía hoy y de forma equivocada, hay quien hace referencia a las antiguas normas para prescribir los sistemas de PB. En este capítulo, les ayudaremos a reconocer los principales cambios y definiciones que las nuevas normas supusieron.





5.1. Norma internacional para sistemas de PB: UNE-EN ISO 15876

Se han elaborado un conjunto de normas aplicables, de modo genérico, a sistemas de canalización en materias plásticas para agua caliente y fría. Para cada material (PB, PEX, PPR, PVC-C y PE-RT) se ha desarrollado una norma. Cada norma está constituida por cinco partes:

- **Parte 1:** general, donde se definen fundamentalmente las condiciones de servicio de estos sistemas que son las mismas para todos los materiales.
- **Parte 2:** tubos, donde se define el método de cálculo (el mismo en todos los casos), las dimensiones resultantes y las características físicas de los tubos de cada material.
- **Parte 3:** accesorios, donde se define las dimensiones resultantes y las características físicas de los accesorios de cada material.
- **Parte 5:** sistema, donde se definen los ensayos funcionales del sistema completo (tubos más accesorios) de cada material, incluyendo la unión entre ambos.
- **Parte 7:** certificación, métodos y exigencias para obtener la certificación en cada material.

5.2. Campo de aplicación de los sistemas de PB

La norma se aplica a los sistemas de PB utilizados en instalaciones de agua caliente y fría dentro de edificios (sistemas domésticos) para el transporte de agua sea o no de consumo humano, y bajo presiones y temperaturas acordes con la clase de aplicación.

5.3. Clasificación de las condiciones de servicio de los sistemas de PB

La norma define cuatro diferentes clases de servicio siendo cada una de ellas una combinación de temperaturas y duraciones (perfiles de utilización) y no como en el caso de la anterior norma española que se definían presiones de trabajo a cada temperatura determinada.

Cada clase se refiere a una duración de diseño de 50 años. Esta clasificación es única e idéntica para todos los materiales.

Para entender esta clasificación conviene definir unos conceptos que en ellas se utilizan:

- **Presión de operación (P_o):** presión de uso para la que se ha diseñado el sistema.
- **Temperatura de operación (T_{op}):** temperatura o combinación de temperaturas de uso del agua para las que se ha diseñado el sistema.
- **Máxima temperatura de operación (T_{max}):** temperatura más elevada que puede alcanzar la operación pero sólo durante cortos periodos de tiempo.
- **temperatura de malfuncionamiento (T_{mal}):** temperatura más elevada que puede ser alcanzada si se exceden los límites de control. (El tiempo durante el cual puede darse esta circunstancia se limita a 100 horas sobre un periodo de 50 años)
- **Temperatura de agua fría (T_{cold}):** temperatura de circulación del agua fría de aproximadamente 20° C.

Clasificación de las condiciones de servicio

| CLASE DE APLICACIÓN | TOP °C | TIEMPO TOP AÑOS | T Máx °C | TIEMPO T Máx AÑOS | T Mal °C | TIEMPO T Mal HORAS | CAMPO APLICACIÓN |
|---------------------|--------|-----------------|----------|-------------------|----------|--------------------|---|
| 1 | 60° | 49 | 80° | 1 | 95° | 100 | Agua Caliente a 60° |
| 2 | 70° | 49 | 80° | 1 | 95° | 100 | Agua Caliente a 70° |
| 4 | 20° | 2,5 | 70° | 2,5 | 100° | 100 | Suelo radiante y radiadores de baja temperatura |
| | 40° | 20 | | | | | |
| | 60° | 25 | | | | | |
| 5 | 20° | 14 | 90° | 1 | 100° | 100 | Radiadores de alta temperatura |
| | 60° | 25 | | | | | |
| | 80° | 10 | | | | | |

1) Cada país puede elegir la clase 1 o la clase 2 de acuerdo con sus reglamentos nacionales.

Exigencias:

- Cada clase se puede combinar con presiones de operación de 4, 6, 8 ó 10 bar. Por tanto y a diferencia de la anterior norma española las presiones de trabajo están ya prefijadas para todos los materiales. Se entiende que dada una instalación, por ejemplo una de agua caliente sanitaria, sus condiciones de trabajo diseñadas son independientes del material de los tubos y éstos tienen que cumplir esas condiciones.
- Todos los sistemas que satisfagan una de esas clases deben también ser útiles para el suministro de agua fría durante 50 años con presión de operación de 10 bar.
- La clase 4 comprende 2.5 años a 20° C, más 20 años a 40° C, más 25 años a 60° C.
- La clase 5 comprende 14 años a 20° C, más 25 años a 60° C, más 10 años a 80° C.

5.4. Método de cálculo para el dimensionado de los tubos

Las curvas de regresión de cada material tienen sus propias ecuaciones matemáticas que son las que realmente se utilizan en el cálculo, en lugar de las propias gráficas.

Empleando esas ecuaciones, teniendo en cuenta las especificaciones de cada clase, aplicando la regla de Miner (ver anexo 3) y utilizando los coeficientes de servicio (denominados factores de seguridad en la anterior norma española) propios de cada material se obtiene la tensión de diseño para cada clase σ_D (denominada tensión de cálculo en la norma española).

Los coeficientes de servicio para el caso del PB son:

Coeficientes de servicio

| TEMPERATURA | COEFICIENTES DE SERVICIO |
|-------------------|--------------------------|
| T _{OP} | 1,50 |
| T _{max} | 1,30 |
| T _{mal} | 1,00 |
| T _{cold} | 1,25 |



Las tensiones de diseño que se obtienen para los tubos de PB son
(ver en anexo- 4 el ejemplo de la aplicación concreta de cálculo para la clase 2):

Tensiones de diseño

| CLASE | TENSIÓN DE DISEÑO (Mpa) |
|----------------|-------------------------|
| 1 | 5.73 (σ_D) |
| 2 | 5.04 (σ_D) |
| 4 | 5.46 (σ_D) |
| 5 | 4.31 (σ_D) |
| 20°C - 50 años | 10.92 (σ_D) |

Para una clase dada con una presión de operación dada hay que determinar el valor máximo Smax que puede tener la serie S a la que pertenezca el tubo, con objeto de determinar los espesores de cada diámetro.

Dado que el tubo debe resistir las condiciones de duración y de temperatura de la clase, y además ser válido para trabajar a 10 bar durante 50 años a 20° C, el valor de Smax será el más pequeño de los dos siguientes:

$$\frac{\sigma_D}{P_D} \quad \frac{\sigma_{Dfrio}}{10}$$

Con esos condicionantes se obtienen los siguientes valores de Smax para los tubos de PB:

Valores de Smax para tubos de PB

| CLASE | PD 4 bar | PD 6 bar | PD 8 bar | PD 10 bar |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | 10.9 | 9.5 | 7.1 | 5.7 |
| 2 | 10.9 | 8.4 | 6.3 | 5.0 |
| 4 | 10.9 | 9.1 | 6.8 | 5.4 |
| 5 | 10.9 | 7.2 | 5.4 | 4.3 |

Espesores de pared de tubería de PB de diferentes series

| ϕ Nominal DN/OD | ϕ exterior medio | | Series | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-----|-------|-----|-----|-------|
| | | | S 10 | S 8 | S 6,3 | S 5 | S 4 | S 3,2 |
| | ϕ ex,min | ϕ ex,min | Espesor de pared | | | | | |
| 12 | 11.9 | 12.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.6 |
| 15 | 14.9 | 15.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.7 | 2.0 |
| 18 | 17.9 | 18.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 2.4 |
| 22 | 21.9 | 22.2 | 1.3 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 2.4 | 3.0 |
| 28 | 27.9 | 28.2 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 3.1 | 3.8 |
| 35 | 34.9 | 35.4 | 1.3 | 2.0 | 2.6 | 3.2 | 3.9 | 4.8 |

Espesores de pared de tubería de PB de diferentes series

| Ø Nominal DN/OD | Ø exterior medio | | Series | | | | | |
|-----------------------|------------------------|-------------|------------------|-----|-------|------|------|-------|
| | | | S 10 | S 8 | S 6,3 | S 5 | S 4 | S 3,2 |
| | Ø ex,min | Ø ex,min | Espesor de pared | | | | | |
| 12 | 12.0 | 12.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.7 |
| 16 | 16.0 | 16.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.2 |
| 20 | 20.0 | 20.3 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 2.8 |
| 25 | 25.0 | 25.3 | 1.3 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 2.8 | 3.5 |
| 32 | 32.0 | 32.3 | 1.6 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.6 | 4.4 |
| 40 | 40.0 | 40.4 | 1.9 | 2.4 | 3.0 | 3.7 | 4.5 | 5.5 |
| 50 | 50.0 | 50.5 | 2.4 | 3.0 | 3.7 | 4.6 | 5.6 | 6.9 |
| 63 | 63.0 | 63.6 | 3.0 | 3.8 | 4.7 | 5.8 | 7.1 | 8.6 |
| 75 | 75.0 | 75.7 | 3.6 | 4.5 | 5.6 | 6.8 | 8.4 | 10.3 |
| 90 | 90.0 | 90.9 | 4.3 | 5.4 | 6.7 | 8.2 | 10.1 | 12.3 |
| 110 | 110.0 | 111.0 | 5.3 | 6.6 | 8.1 | 10.0 | 12.3 | 15.1 |

Ejemplos de utilización de estos resultados:

- 1- Supongamos un tubo de 20 mm. de diámetro exterior que debe ser utilizado para clase 5 con presión de 10 bar.
El máximo valor permitido de S es de 4.3. Hay que elegir el mayor valor normalizado de S que sea más pequeño que 4.3.
En este caso ese valor es 4 y por tanto el tubo será de 20 x 2.3, es decir serie 4, SDR 9.
- 2- Supongamos un tubo de 40 mm. de diámetro exterior que debe ser utilizado para clase 4 con presión de 6 bar.
El máximo valor permitido de S es de 9.1. Hay que elegir el mayor valor normalizado de S que sea más pequeño que 9.1.
En este caso ese valor es 8 y por tanto el tubo será de 40 x 2.4, es decir serie 8, SDR 17.
- 3- Supongamos un tubo de 25 mm. de diámetro exterior que debe ser utilizado para clase 2 con presión de 10 bar.
El máximo valor permitido de S es de 5. Hay que elegir el mayor valor normalizado de S que sea más pequeño que 5. En este caso ese valor es 5 y por tanto el tubo será de 25 x 2.3, es decir serie 5, SDR 11.

Aplicando la misma metodología a las ecuaciones de otros materiales, con sus coeficientes de servicio específicos, se obtienen sus propios valores de Smax (Serie máxima de tubería):

Valores de Smax para diferentes materiales plásticos

| CLASE 1 | | | | | | CLASE 2 | | | | | |
|---------|------|-----|-----|------|------|---------|------|-----|-----|------|------|
| Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT | Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT |
| 4 | 10,9 | 7,6 | 6,9 | 10,0 | 6,7 | 4 | 10,9 | 7,6 | 5,3 | 10,0 | 6,7 |
| 6 | 9,5 | 6,4 | 5,2 | 7,3 | 5,5 | 6 | 8,4 | 6,4 | 3,6 | 6,9 | 4,5 |
| 8 | 7,1 | 4,8 | 3,9 | 5,5 | 4,1 | 8 | 6,3 | 4,8 | 2,7 | 5,2 | 3,4 |
| 10 | 5,7 | 3,8 | 3,1 | 4,4 | 3,3 | 10 | 5,0 | 3,8 | 2,1 | 4,2 | 2,7 |
| CLASE 4 | | | | | | CLASE 5 | | | | | |
| Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT | Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT |
| 4 | 10,9 | 7,6 | 6,9 | | 6,7 | 4 | 10,9 | 7,6 | 4,8 | | 6,0 |
| 6 | 9,1 | 6,6 | 5,5 | | 5,4 | 6 | 7,2 | 5,4 | 3,2 | | 4,0 |
| 8 | 6,8 | 5,5 | 4,1 | | 4,1 | 8 | 5,4 | 4,0 | 2,4 | | 3,0 |
| 10 | 5,4 | 4,0 | 3,3 | | 3,3 | 10 | 4,3 | 3,2 | 1,9 | | 2,4 |

* Para PVC - C las clases 4 y 5 no son aplicables no pudiéndose utilizar dicho material para esos servicios.



Utilizando los valores anteriores y los valores de S normalizados en cada uno de los documentos de cada material, en las tablas siguiente se indican, a título de ejemplo, los valores necesarios de espesor para un tubo de diámetro exterior 25.

Espesor necesario según normas para un Ø 25 mm, en función del material que utilizemos y la presión que deseemos trabajar:

| CLASE 1 | | | | | | CLASE 2 | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|------|------|---------|-----|-----|-----|------|------|
| Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT | Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT |
| 4 | 1,3 | 1,9 | 2,3 | 1,9 | 2,3 | 4 | 1,3 | 1,9 | 2,3 | 1,9 | 2,3 |
| 6 | 1,5 | 1,9 | 2,3 | 1,9 | 2,3 | 6 | 1,5 | 2,3 | 3,5 | 1,9 | 2,8 |
| 8 | 1,9 | 2,8 | 3,5 | 2,3 | 2,8 | 8 | 1,9 | 2,8 | 4,2 | 2,3 | 3,5 |
| 10 | 2,3 | 3,5 | 4,2 | 2,8 | 3,5 | 10 | 2,3 | 3,5 | 5,1 | 2,8 | 4,2 |

| CLASE 4 | | | | | | CLASE 5 | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|------|------|---------|-----|-----|-----|------|------|
| Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT | Pop | PB | PEX | PPR | PVCC | PERT |
| 4 | 1,3 | 1,9 | 2,3 | | 2,3 | 4 | 1,3 | 1,9 | 3,5 | | 2,3 |
| 6 | 1,5 | 1,9 | 2,3 | | 2,3 | 6 | 1,5 | 2,3 | 3,5 | | 2,8 |
| 8 | 1,9 | 2,3 | 3,5 | | 2,8 | 8 | 2,3 | 2,8 | 5,1 | | 3,5 |
| 10 | 2,3 | 2,8 | 3,5 | | 3,5 | 10 | 2,8 | 3,5 | | | |

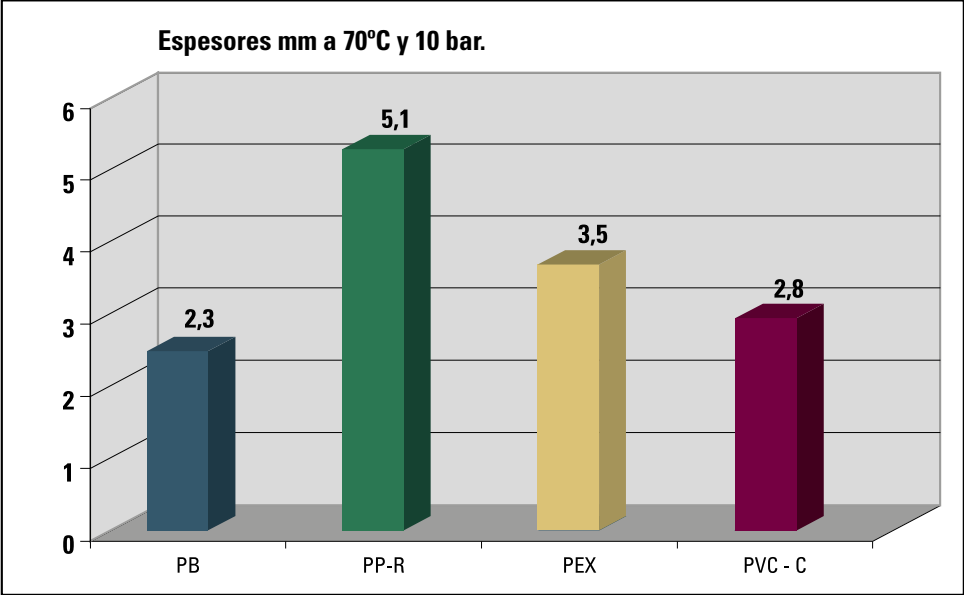
* Para PVC - C las clases 4 y 5 no son aplicables no pudiéndose utilizar dicho material para esos servicios.

Las celdas vacías indican que no hay en la norma correspondiente al material una serie normalizada que satisfaga el requisito de ser inferior a la máxima serie permitida. Por tanto no hay un tubo de 25 mm. de diámetro exterior que satisfaga esa aplicación.

Como se puede comprobar, para un mismo diámetro exterior y para una misma aplicación, el espesor que exigen las normas europeas a un tubo de PB es inferior al que le exigen a un tubo de cualquier otro material. Esto es debido a las excelentes características del PB en cuanto a resistencia a la presión.

A título de ejemplo podemos considerar una instalación de agua caliente a 70° C, es decir una aplicación de clase 2, que va a operar a 10 bar. Si el material elegido fuera el PB sería necesario un espesor de 2.3 mm., si el material fuese el PP R el espesor sería de 5.1 mm, si es PEX deberá ser de 3.5 mm, si es PERT sería de 4.2 y por último si es PVC - C el espesor deberá ser de 2.8 mm.

Comparativa de espesor de materiales



Estas diferencias implican que el diámetro interior de paso de caudal es un 27 % inferior en PP r que en PB; un 12 % inferior en PEX que en PB, un 18% inferior en PERT que en PB y un 5 % inferior en PVC - C.

Estas diferencias implican que si el tubo elegido es el de PB, éste tendrá menor peso que el resto de opciones, para un mismo caudal necesario de suministro ofrecerá menor velocidad del agua y como consecuencia menor pérdida de carga. Así por ejemplo:

| | PB 25 x 2,3 | PERT 25 x 4,2 | PPR 25 x 5,1 | PEX 25 x 3,5 | PVC-C 25 x 2,8 | UNIDADES |
|------------------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------|
| Peso cada 10 m. | 1,50 | 2,60 | 2,90 | 2,20 | 3,00 | Kg. |
| Velocidad para 0,1 l/s | 0,31 | 0,46 | 0,58 | 0,39 | 0,34 | m/s |
| Velocidad para 0,5 l/s | 1,53 | 2,31 | 2,91 | 1,96 | 1,69 | m/s |
| Pérdidas para 0,1 l/s | 0,90 | 2,20 | 4,00 | 1,60 | 1,10 | mbar/m |
| Pérdidas para 0,5 l/s | 14,40 | 37,00 | 67,00 | 26,20 | 18,90 | mbar/m |

Inciendiendo en lo anteriormente expuesto y a título de ejemplo comparativo, en el anexo 2 se dan las curvas de regresión del PB, PEX, PP – R y PERT, para una temperatura de 80° C.

En la anterior norma española se utilizaba el concepto de presión nominal (PN) como presión de trabajo a 20°C y se manejaban valores, por ejemplo, de 16 bar y 20 bar. Sin embargo en la actual norma este concepto ya no se utiliza y las presiones de operación que se manejan para todos los materiales son de 4, 6, 8 y 10 bar, ya que se refiere a agua caliente

¿ Esto significa que al cambiar la norma, los tubos de PB ya no resisten presiones superiores a 10 bar. a 20° C ?

Evidentemente la respuesta es que no, los tubos siguen teniendo para una duración de 50 años a una temperatura de 20° C unas presiones máximas de servicio superiores a 10 bar. Lo que cambia no es la resistencia del material sino la filosofía y los conceptos de la norma y por tanto cualquier otra interpretación es errónea.



La presión máxima de servicio a una temperatura y a una duración dadas, se calcula mediante la aplicación directa de la fórmula:

$$P_{\max} = \frac{\sigma}{S \times C}$$

Donde: P_{\max} es la presión máxima de servicio en las condiciones definidas (Mpa).

σ es la tensión hidrostática para las condiciones definidas, obtenida de la curva de regresión o mediante cálculo de las ecuaciones de dicha curva (Mpa).

S es la serie a la que pertenece el tubo.

C es el coeficiente de servicio (factor de seguridad) a la temperatura definida.

Realizando estos cálculos para la temperatura de 20°C se obtienen los resultados siguientes:

Presión máxima de servicio (bar)

| T | C | t (años) | σ (MPa) | S-10 (bar) | S-8 (bar) | S-6,3 (bar) | S-5 (bar) | S-4 (bar) | S-3,15 (bar) |
|------|------|-------------|-------------------|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|
| 20°C | 1,25 | 1 | 14,51 | 11,6 | 14,5 | 18,4 | 23,2 | 29,0 | 36,9 |
| 20°C | 1,25 | 5 | 14,34 | 11,5 | 14,3 | 18,2 | 22,9 | 28,7 | 36,4 |
| 20°C | 1,25 | 10 | 14,24 | 11,4 | 14,2 | 18,1 | 22,8 | 28,5 | 36,2 |
| 20°C | 1,25 | 25 | 13,91 | 11,1 | 13,9 | 17,7 | 22,2 | 27,5 | 35,3 |
| 20°C | 1,25 | 50 | 13,66 | 10,9 | 13,7 | 17,3 | 21,9 | 27,3 | 34,7 |

Por tanto un tubo por ejemplo de Ø 25x2,3, que pertenece a la serie 5, tiene una presión máxima de servicio a 20°C y 50 años de 21,9 bar; un tubo de Ø16x1,8, que pertenece a la serie 4, tiene una presión máxima de servicio a 20°C y 50 años de 27,3 bar.

Evidentemente estos mismos cálculos se pueden realizar para otras temperaturas y para otras duraciones.

5.5. Marcado de las tuberías

Todas las tuberías del mercado están grabadas con una serie de textos a los que generalmente no se les da la importancia que realmente tienen: esta grabación es la que define todas las características del tubo. Las normas exigen una información mínima así como unos requisitos generales que debe tener la calidad del grabado. La norma UNE EN ISO 15876 no es una excepción y las tuberías de PB de Nueva Terrain satisfacen ampliamente las exigencias.

Requisitos Generales

- El marcado se imprime directamente en el tubo al menos una vez por metro, y de tal forma que tras el almacenamiento, la manipulación y la instalación se mantienen legibles.
- El color de la tinta empleada difiere claramente del color del tubo de modo que se garantiza su legibilidad.
- El tamaño del grabado es lo suficientemente grande como para que sea legible sin emplear aumentos.
- El marcado se realiza sin contacto físico de ningún mecanismo con el tubo y por tanto no daña la superficie y no causa inicios de fisuras o cualquier otro tipo de defectos.

Marcado mínimo requerido en la tubería

Veamos con un ejemplo concreto el significado de toda la grabación:

TERRAIN SDP PB 22 x 2.0 mm - DIMENSION B1- CLASE 2 / P 10 BAR – Opaco
UNE EN ISO 15876-2 AENOR - N - 001/168 fecha, turno, hora, línea //20° C 21.9 BAR//
KIWA CLASS 2 / 10 BAR // CERTIF MADE IN SPAIN (EU) Suministro agua fría y caliente

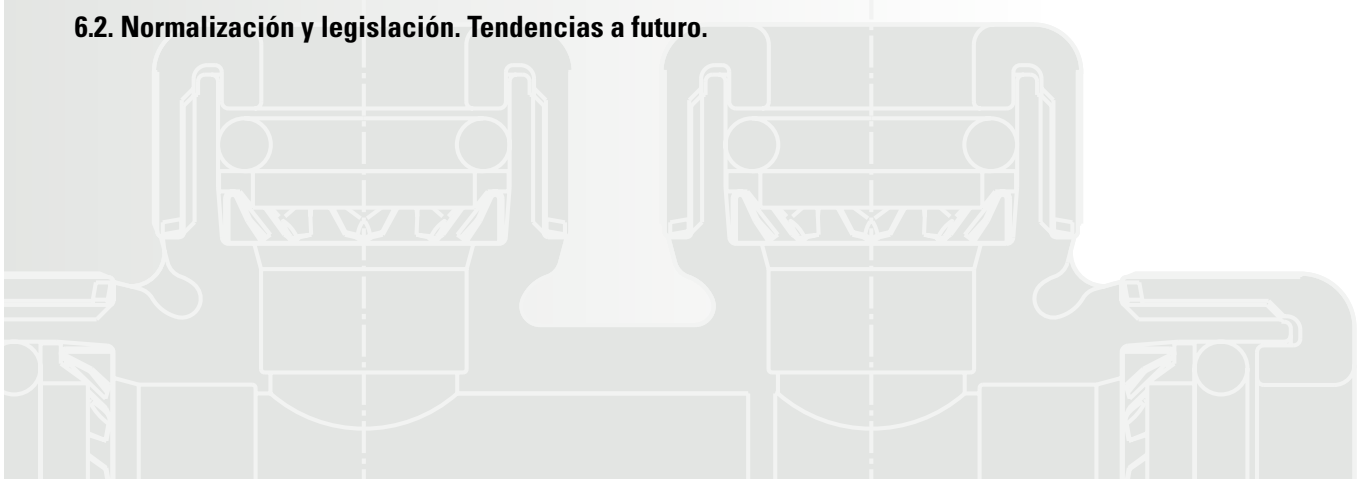
- 1.- **TERRAIN SDP:** es nuestra marca comercial y nos identifica como fabricantes.
- 2.- **PB:** material de que esta fabricado el tubo, en este caso polibutileno.
- 3.- **22 x 2,0:** dimensiones nominales. Diámetro exterior 22 mm y espesor 2,0 mm.
- 4.- **Dimensión B1:** La norma establece diferentes clases o tipos de dimensiones: A para las métricas y B1 y B2 para las dimensiones basadas en tubo de cobre. En este ejemplo el diámetro 22 pertenece a la clase de dimensión B1.
- 5.- **Clase 2 / P 10 bar.** Clase de aplicación y presión de trabajo máximo para la que está diseñado el tubo. Se imprime sólo el caso mayor, entendiéndose como incluidos el resto de clases. En este caso es apto para Clase 2 y presión de 10 bar, además de para Clase 1, 10 bar; Clase 4, 10 bar; y Clase 5 8 bar.
- 6.- **Opaco.** El tubo se define como opaco porque no transmite más del 0,20 % de la luz visible cuando se ensaya de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 7686 . Esta característica implica que los microorganismos y algas que necesita la luz para proliferar no se crearán en el interior del tubo garantizando de este modo su inocuidad sanitaria.
- 7.- **UNE EN ISO 15876-2 :** Norma conforme a la cual se ha fabricado el tubo y por tanto todas las características requeridas en ella son plenamente satisfechas.
- 8.- **AENOR – N – 001/168.** El cumplimiento total de la norma está garantizado por AENOR y ello nos permite grabar la N de marca de calidad. El número no es sino el contrato firmado entre AENOR y Nueva Terrain y que regula la certificación.
- 9.- Con objeto de garantizar una completa trazabilidad los tubos de PB de Nueva Terrain **llevan grabada la fecha, la hora y el minuto** en que se ha fabricado, el turno de fabricación, así como la línea de extrusión en que se ha producido.
- 10.- **20° C – 21,9 bar.** Se incluye la presión de trabajo máxima para 50 años y 20° C, en este caso, 21,9 bar.
- 11.- **Leyendas de otras certificaciones internacionales,** en el caso de que apliquen. En este caso la holandesa KIWA y la portuguesa Certif.
- 12.- **MADE in SPAIN.** Se especifica el lugar de fabricación.
- 13.- **Usos y aplicaciones del producto determinados en la norma.** En este caso Suministro de agua fría y caliente.



6. SISTEMAS EN PB-1 Y CONSTRUCCION SOSTENIBLE

6.1. Estudio comparativo de Impacto medioambiental

6.2. Normalización y legislación. Tendencias a futuro.



La necesidad de conversión del mercado hacia una construcción sostenible va a resultar una realidad independiente de motivaciones políticas y coyunturas económicas. La futura escasez de recursos, el legítimo acceso a nuevas comodidades de población hasta ahora en subdesarrollo, y la progresiva concienciación de los diferentes actores del mercado (vía legislación, vía económica o vía mercado) va a obligar a la selección de los materiales más adecuados para la construcción. En ese escenario, resulta evidente que los materiales que resulten óptimos para la aplicación, consuman menos recursos para su fabricación y tengan la posibilidad de reciclado serán los productos más recomendables.

Así, la Universidad Técnica de Berlín desarrolló un método propio e independiente de valoración del impacto medioambiental de las instalaciones de suministro de agua potable. Creó un método analítico, definido como VENOB, que estudió de forma objetiva y equivalente el consumo energético de cada instalación, desde el proceso de obtención de la materia prima hasta la instalación del producto final. Los resultados, que se desarrollan a continuación, demostraron que el PB es el material por eficiencia energética y emisión de residuos menos lesivo para el medio ambiente entre todos sus productos competitivos.



6.1. Estudio comparativo de Impacto medioambiental

Para poder realizar una comparación objetiva del impacto medioambiental de los sistemas de tuberías, es necesario utilizar un método de evaluación que compare productos de diferente naturaleza pero destinados a la misma aplicación.

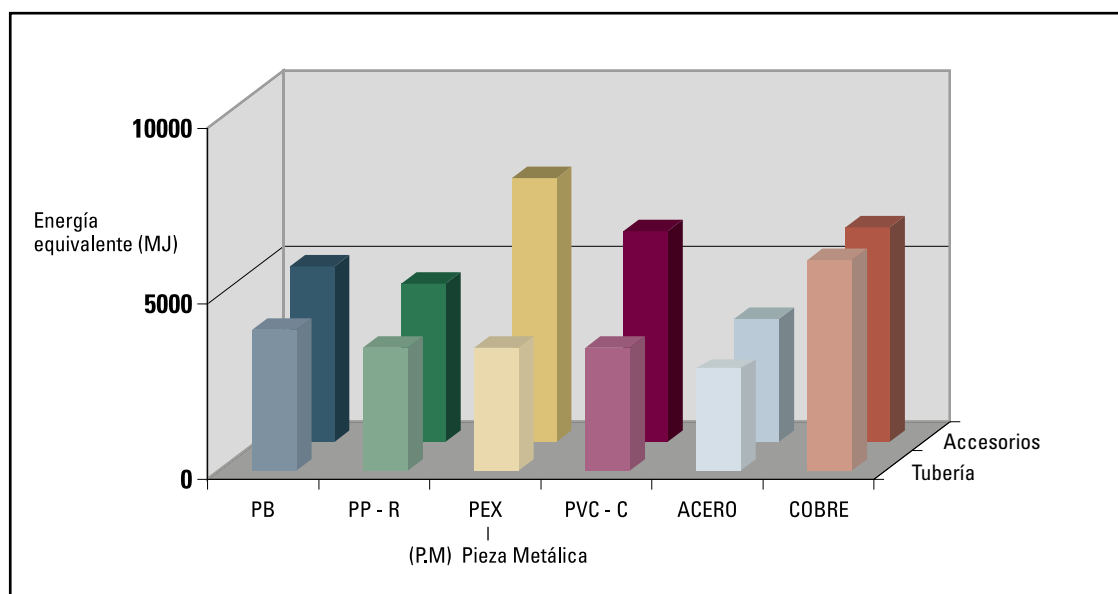
El departamento de tecnología de los plásticos de la Universidad Técnica de Berlín dirigió un estudio de análisis ambiental de instalaciones de agua potable mediante el desarrollo de un método propio de comparación, denominado VENOB.

Con este método realizó un análisis, basado en hechos científicos, que comparó el consumo total de energía y las posibles emisiones al aire, al agua y al terreno, teniendo en cuenta todas las fases que van desde la producción de la materia prima hasta la instalación de los sistemas finales de tuberías, pasando por la propia fabricación de los accesorios y de los tubos.

Para el estudio se supuso un edificio de 16 viviendas con sistema de agua caliente central y con una presión de suministro de 4 bar. Se consideraron seis situaciones diferentes, en las que en cada una de ellas la instalación de agua potable de ese edificio estuviera realizada en los siguientes materiales: cobre, acero galvanizado, PE-X, PP-R, PB y PVC-C.

En primer lugar se analizó la energía necesaria para la producción de 1.000 Kg. de tubos y accesorios de los seis materiales. La comparación de los resultados obtenidos se muestra en la siguiente gráfica:

Consumo de energía para la producción de 1.000 kg de tubos y accesorios



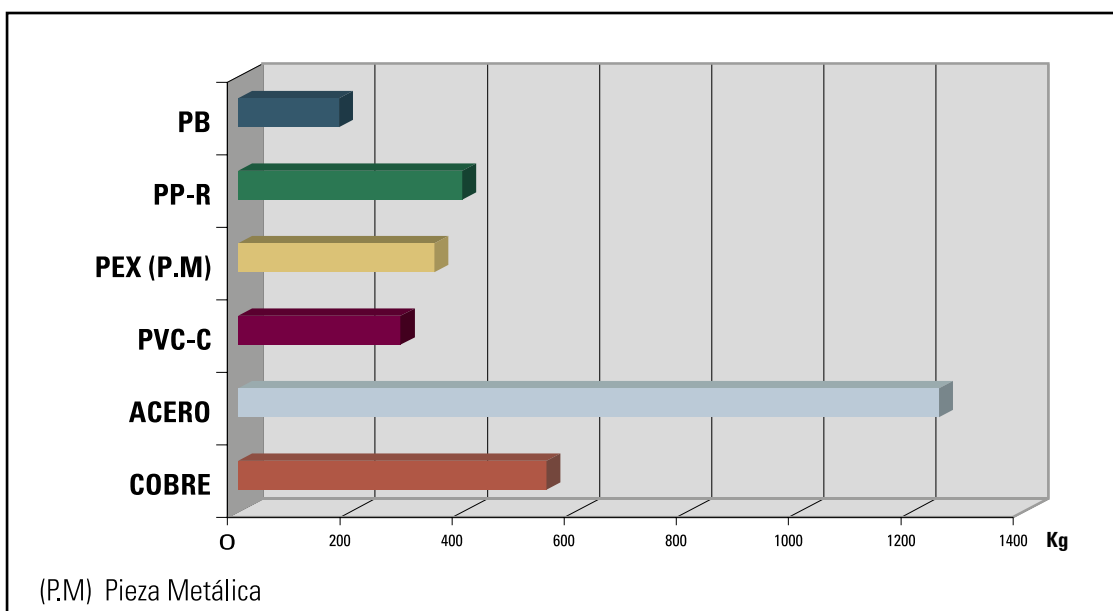
Es evidente que la anterior gráfica no nos revela una información adecuada para poder comparar los diferentes materiales, los materiales plásticos pesan mucho menos que los metales por lo que con 1000 kg de tubería o accesorio se pueden realizar muchos más metros de instalación

Por otro lado se comparó el peso del sistema completo de tubos y accesorios empleados de cada uno de los seis materiales indicados, necesarios para la instalación del edificio mencionado.

Es importante señalar que, como se ha visto en el anterior apartado 3.7, debido a sus elevadas prestaciones mecánicas, la misma instalación necesita en PB dimensiones menores de tubos que con otros materiales.

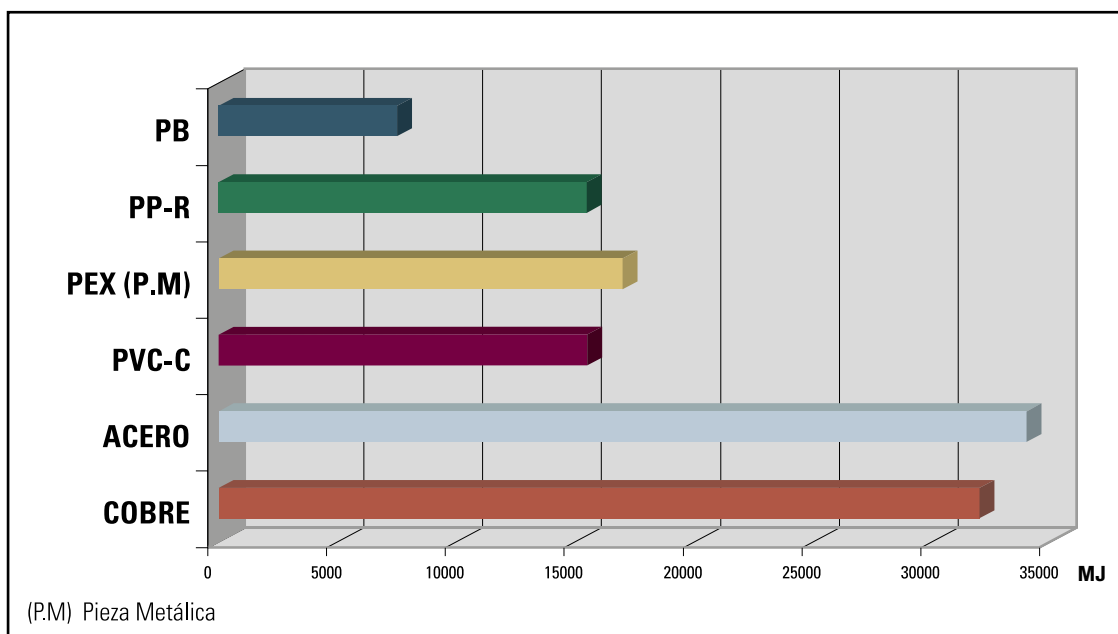


Comparación del peso de instalación de fontanería



Utilizando los datos anteriores se obtienen los de la energía equivalente del sistema completo de tuberías para cada material. Estos datos se muestran comparativamente en la siguiente gráfica.

Comparación de energía equivalente consumida para realizar una instalación:

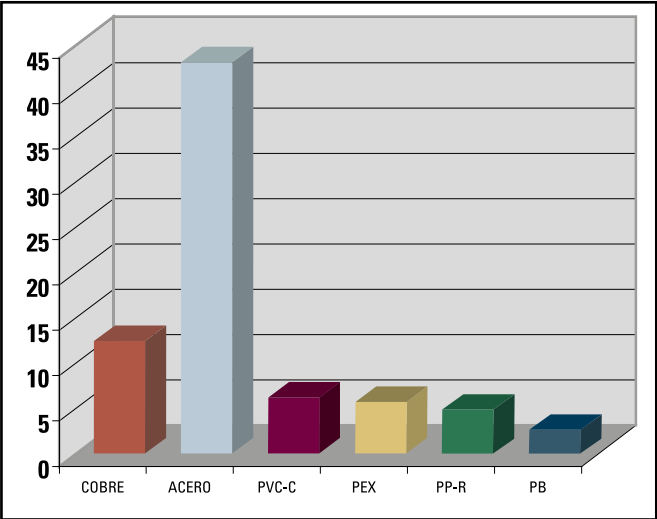


Como se puede comprobar, el menor consumo de energía para una misma instalación se da con la utilización del sistema de polibutileno PB.

Como ya se ha indicado, en el estudio de la Universidad Técnica de Berlín también se compararon las posibles emisiones al aire, al agua y al terreno para cada uno de los seis materiales.

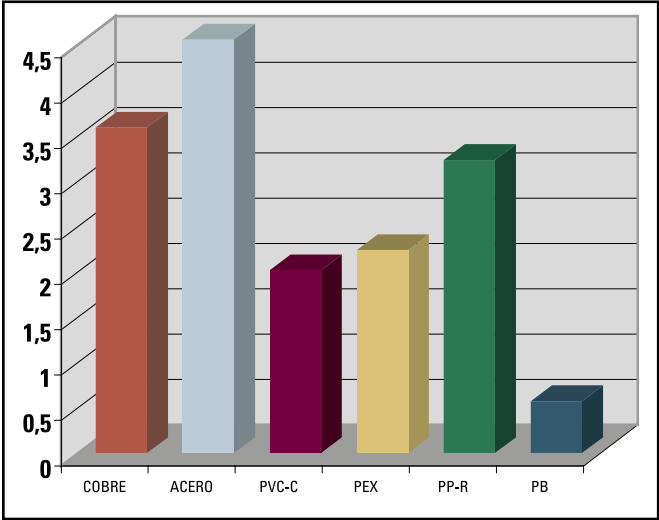
Los datos obtenidos se reflejan en las siguientes gráficas:

Comparación del impacto en el medio ambiente por emisiones al terreno



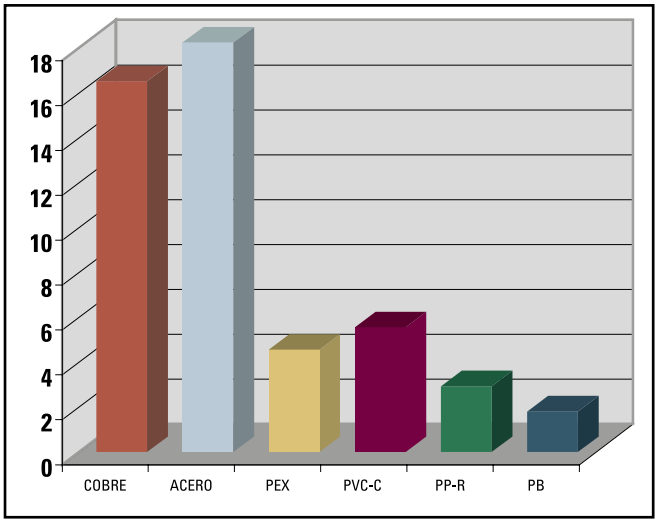
Factor sin dimensiones

Comparación del impacto en el medio ambiente por emisiones al agua



Factor sin dimensiones

Comparación del impacto en el medio ambiente por emisiones al aire



Factor sin dimensiones

6.2. Normalización y legislación. Tendencias a futuro.

El asunto de la construcción sostenible es uno de los debates contemporáneos en los foros sectoriales de normalización. El esfuerzo de los distintos grupos de trabajo internacionales (ISO/TC 59/SC14), europeos (CEN/TC 350) y nacionales (AEN/CTN 198) en la elaboración de normas que califiquen a la construcción tanto en obra civil como en edificación es absolutamente actual. El objetivo es la creación de un marco de normas que evalúen de forma objetiva e independiente tanto la sostenibilidad de los edificios como la de los productos de construcción que los constituyen.

El interés nuestro como fabricantes de sistemas de tuberías es sobre las normas que identifiquen a estos últimos. Conceptos como la huella de carbono del producto, su ACV (análisis de ciclo de vida de producto) o EPD (declaración ambiental de producto) son los que identificarán la “agresión” al medio ambiente de cada producto. La tarea es la de crear métodos normalizados que obtengan resultados objetivos de forma que pueda hacerse la comparación entre productos.



7. Sistemas de unión

7. SISTEMAS DE UNIÓN

7.1. Unión Push-Fit o encaje

7.2. Unión por Termofusión.

7.3. Unión por Electrofusión

7.4. Unión a Testa

7.5. Unión Bridada

7.6. Uniones de transición

7.7. Pruebas de estanqueidad en las instalaciones.



7. Sistemas de Unión

Las ventajas hasta ahora expuestas del PB como material, redundan principalmente en unas características excelentes del tubo y accesorio de la instalación. Es evidente que tiene una importancia fundamental la unión entre los componentes del sistema. Es por ello, que más allá de las explicaciones y recomendaciones posteriores, Nueva Terrain exige la utilización de tubos y accesorios propios para la garantía de las instalaciones. La mezcla de componentes, no sólo en nuestro sistema, puede malograr la instalación independientemente de la calidad individual de cada uno. El PB como material tiene unas características óptimas para ser unido por los sistemas más versátiles y distintos: unión mecánica y fusión o soldadura térmica. Así, Nueva Terrain ofrece cuatro distintos sistemas de unión en función de las necesidades de la instalación y las aptitudes y/o requisitos del instalador.

+ Unión push-fit o rápida: Sistema único de unión mecánica, sencillo, rápido y fiable. Unión por anillo de retención, no por compresión. No necesita herramientas y resulta el más rápido del mercado. Especialmente indicado para instalaciones de diámetros pequeños y gran número de uniones.



+ Unión por termofusión: Sistema de unión por fusión, con calentamiento de tubo y accesorio a través de hornos calefactados. Instalaciones fiables, más económicas en material y de menor volumen, pero con mayor tiempo de instalación. Recomendables en instalaciones de diámetros intermedios y bajo número de uniones, y en montajes en taller o en condiciones de instalación óptimas.



+ Unión por electrofusión: Sistema de unión por fusión, con calentamiento de tubo y accesorio a través de resistencia eléctrica en la boca del accesorio. Montaje de accesorio y tubo en frío, lo que permite sencilla instalación aún en las condiciones y posiciones más difíciles. Recomendada en diámetros superiores e instalaciones en obra.



+ Unión a testa: Sistema de unión por fusión. Instalaciones fiables y más económicas y de menor volumen, pero más complejas para realizar en obra.. Recomendada en diámetros superiores e instalaciones de taller.



Los sistemas de unión mencionados, así como el rango de diámetros y variedad de accesorios de catálogo, redundan en un catálogo completo que da solución a las más variadas instalaciones con el mejor material y sistema disponible.



El rango y sistemas de unión de la oferta de Nueva Terrain es según a continuación:

| ∅ (mm) | 15 | 16 | 20 | 22 | 25 | 28 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 160 |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Push-Fit | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | |
| Termofusión | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | |
| Electrofusión | | | | | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Testa | | | | | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

* Tipo de unión en función del diámetro.

7.1. Unión Push-Fit o Encaje Rápido

También definido internamente como Sistema de unión Clásico, dado que es el original con el que se inició el catálogo de la empresa en los años 80. Alcanza uniones rápidas hasta diámetro 50 mm, hito en sistemas de unión por anillo de retención.

Este sistema, característico de Terrain, añade a las ventajas del PB como materia prima las siguientes:

- Facilidad y rapidez de montaje, con el ahorro económico que esto supone.
- La unión no es rígida y se tiene la posibilidad de girar las uniones, incluso en carga, con lo que se evita tener que calcular o prever las nuevas direcciones y los ángulos en los cambios de dirección.
- No se necesitan herramientas especiales para la realización de la unión, más allá de la tijera de corte del tubo
- Al contrario que en otras uniones mecánicas el tubo no es comprimido ni por su exterior ni por su interior.
- El tubo no es obligado por ningún tipo de útil ni de accesorio a adoptar formas o medidas que no sean las suyas originales y por tanto la resistencia al flujo típica de los materiales plásticos, es decir, el alargamiento del material en función del tiempo bajo carga constante, no influye en la unión por anillo de retención.
- El sistema push-fit de Terrain, a diferencia de otros tipo press-fitting, casquillo deslizante o push-fit con estanqueidad en el diámetro interior, no reduce el diámetro interior de paso de los accesorios. Esto supone unas pérdidas singulares o localizadas en la pieza muy inferiores, lo que redonda en una menor pérdida de carga total en la instalación y un aporte de caudal óptimo en el punto de consumo.

La fiabilidad de la unión viene avalada por numerosos ensayos realizados sobre el sistema de unión, llevados a efecto tanto en los laboratorios de Terrain como en otros de carácter independiente, así como diversas certificaciones. El sistema lleva presente en el mercado desde 1982, con más de 250 millones de uniones instaladas en obra

Herramientas necesarias para la instalación: :

El sistema Push-Fit se caracteriza por no necesitar herramientas específicas para su instalación, basta con encajar la tubería en el accesorio utilizando las manos. Sin embargo se recomienda el uso de tijeras para cortar el tubo, silicona para lubricarlo y un rotulador para marcar la longitud de penetración.

Personal apto para realizar la unión:

Realmente no se necesita ninguna cualificación para realizar la unión en sí, aunque es importante que la persona que realice cualquier instalación de fontanería o calefacción tenga unos conocimientos mínimos para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

Pasos a seguir para el montaje:

1 Cortar el tubo



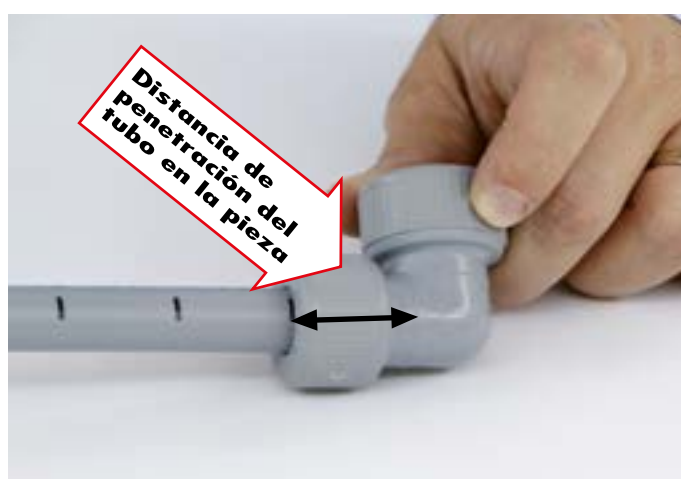
2 Introducir el casquillo



3 Lubricar



4 Introducir el tubo



Nota: Deberemos asegurarnos de que el tubo se ha introducido en la pieza hasta la marca del rotulador o en su defecto hasta la siguiente marca del tubo.

5 Erróneo



6 Correcto





Parámetros de la unión:

Longitud de penetración de tubería en el sistema PushFit

| D exterior de tubería (mm) | Longitudes de penetración de tubería (mm) |
|----------------------------|---|
| 15 | 25 |
| 16 | 25 |
| 20 | 27 |
| 22 | 27 |
| 25 | 27 |
| 28 | 30 |
| 32 | 32 |
| 40 | 43 |
| 50 | 43 |

Recomendaciones para asegurar una buena unión:

- No utilice tubería con la superficie externa deteriorada con rayas, marcas profundas, piques etc...
- Los accesorios se suministran montados y no se permite manipularlos, tal y como se suministran se utilizan. De este modo se evitan posibles errores en ajustes o aprietes. Es perjudicial forzar la pieza tratando de desenroscar la tuerca.
- Respetar las longitudes de penetración, bien marcando con rotulador el tubo o utilizando las marcas grabadas de fábrica.
- Una vez introducida la tubería en el accesorio, bajo ningún concepto el anillo de retención debe ser manipulado, es decir, ni modificado de su sitio de origen, ni extraído del tubo, ni reutilizado.
- Bajo ningún concepto se debe reutilizar un anillo de retención. Si se desmonta una unión el anillo de retención deberá ser sustituido por uno nuevo, aunque a simple vista parezca que no está dañado.

MUY IMPORTANTE: es fundamental que el tubo se introduzca hasta la propia marca del tubo, o bien hasta la realizada con el marcador para que la instalación sea correcta.

Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

| ERROR DE MONTAJE | CONSECUENCIA |
|--|--|
| Uso de tubería con la superficie en mal estado (rayas, marcas, piques ...) | La junta puede no ser capaz de absorber los defectos superficiales y se producirán goteos. |
| Longitud de penetración insuficiente (No inserción total de la tubería) | Con el aumento de la presión puede llegar a darse el caso de que la tubería se salga del accesorio. |
| Reutilización del anillo de retención. | Un anillo de retención reutilizado no agarra el tubo adecuadamente y puede provocar que la tubería se salga del accesorio. |
| Corte de la tubería no perpendicular | Un corte extremadamente oblicuo puede provocar que el anillo de retención no agarre el tubo uniformemente y se produzca la salida de la tubería. |
| Corte con rebaba | La rebaba del corte puede introducirse entre la junta y el tubo y provocar un goteo |
| Manipulación de los accesorios. (tuerca roscada) | Un accesorio mal roscado puede provocar fugas por goteo o incluso la salida del tubo. |
| Suciedad en el accesorio o tubería | La suciedad puede introducirse entre la junta y el tubo y provocar un goteo |

7.2. Unión por termofusión.

Unión por fusión o soldadura térmica entre superficie exterior del tubo e interior de la boca de la pieza.

El buen funcionamiento de la unión depende del buen estado de las herramientas utilizadas, limpieza de todos los elementos, la experiencia del instalador en la soldadura de polibutileno y el correcto seguimiento de los parámetros de unión definidos.

Herramientas necesarias para la instalación

- Máquina de termofusión comercial con temperatura de hornos a 260° C.
- Hornos de fusión.
- Cortatubos y biselador.
- Cronómetro o reloj
- Rotulador marcador.
- Alcohol limpiador.
- Papel para limpiar (usar papel de cocina)

Personal apto para realizar la unión:

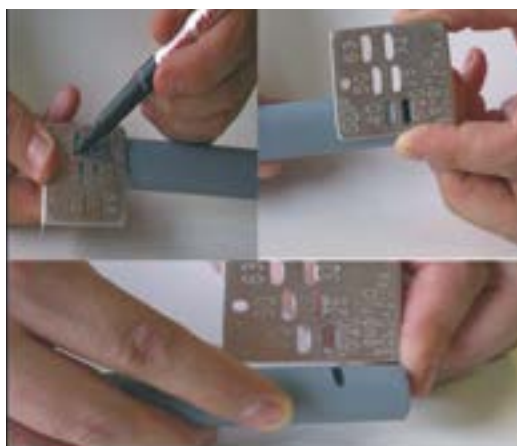
Las uniones deben ser realizadas por personal formado en la técnica de soldadura de materiales plásticos por termofusión y con suficiente experiencia en la unión de PB.

Instrucciones de montaje:

- 1 El tubo y la pieza a termosoldar deberán ser del mismo diámetro y material.
- 2 Cortar la tubería perpendicular a su eje procurando que el corte quede lo más uniforme posible.
- 3 Para asegurar que el tubo penetra fácilmente en la embocadura de la pieza es posible biselar el exterior la tubería.
 - Los tubos de diámetro 16 y 20 mm no necesitan biselado
 - Los tubos de diámetro 25, 32 y 40 mm es aconsejable su biselado.
 - Los tubos de diámetro 50 y 63 mm es indispensable su biselado
- 4 Limpiar las superficies a soldar, tanto del tubo como del accesorio, utilizando un papel absorbente, sin pelusas y ligeramente humedecido con un detergente en base alcohol etílico, exento de grasas y aceites.
- 5 Limpiar los hornos del polifusor utilizando la misma técnica que para limpiar el tubo y accesorio. La limpieza es más sencilla si previamente se han calentado ligeramente.



- 6 Marcar en la tubería la longitud de penetración necesaria según el diámetro de que se trate. De esta manera es muy sencillo asegurarse de que se ha introducido la tubería completamente en el accesorio una vez realicemos la unión.
(ver tabla de parámetros de la unión)



- 7 La temperatura de los hornos debe estar programada a 260°C, comprobarla antes de empezar a realizar la unión.
- 8 Introducir la tubería y el accesorio simultáneamente en los hornos y mantenerlos así durante el tiempo de calentamiento (ver tabla de parámetros de unión). Mantener una ligera presión contra los hornos durante el proceso.



- 9 Al terminar el tiempo de calentamiento sacar el tubo y accesorio de los hornos e introducir el tubo en la boca del accesorio para realizar la unión. Mantener una ligera presión axial durante el tiempo de mantenimiento (ver tabla de parámetros de la unión) para evitar que la tubería se desplace.



- 10 Una vez terminada la unión esperar el tiempo de enfriamiento (ver tabla de parámetros) antes de manipular la unión para seguir con la instalación.
- 11 Después de 1 hora tras la última soldadura, la instalación se encuentra lista para proceder a su puesta en marcha con presión de trabajo.
- 12 Esperar al menos 24 horas antes de realizar la prueba de presión explicada en el apartado 7.7.

Parámetros de la unión

TABLA 1 Parámetros para soldadura por termofusión en PB.

| DIÁMETRO DE TUBO (mm.) D.N | ESPESOR DE PARED TUBO E (mm.) | LONGITUD SOLDADURA L (mm.) | TIEMPO DE CALENTAMIENTO (Segundos) | TIEMPO DE MANTENIMIENTO (Segundos) | TIEMPO DE ENFRIAMIENTO (Minutos) |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 16 | 2,2 | 15 | 5 | 15 | 2 |
| 20 | 2,3 | 15 | 6 | 15 | 2 |
| 25 | 2,3 | 18 | 6 | 15 | 2 |
| 32 | 2,9 | 20 | 10 | 20 | 4 |
| 40 | 3,7 | 22 | 14 | 20 | 4 |
| 50 | 4,6 | 25 | 18 | 30 | 4 |
| 63 | 5,8 | 28 | 22 | 30 | 6 |

Recomendaciones para asegurar una buena unión:

- Respetar los parámetros indicados para cada diámetro (longitud de penetración, tiempo de calentamiento, tiempo de mantenimiento y tiempo de enfriamiento)
- Comprobar que la temperatura de los hornos es la correcta (260°C).
- Comprobar la longitud de penetración una vez terminada la unión utilizando la maraca realizada previamente.
- En caso de realizar la soldadura a la intemperie procurar trabajar en una zona resguardada del viento y de la lluvia, ya que pueden afectar a la temperatura que alcanza el material.
- No girar el tubo ni el accesorio al introducirlos en los hornos ni al realizar la unión.

Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

| ERROR DE MONTAJE | CONSECUENCIA |
|--|---|
| Longitud de penetración insuficiente | La superficie de unión entre tubo y accesorio disminuye, pudiendo ocasionar la salida de la tubería. |
| Temperatura de los hornos baja. < 260°C | El PB no llega a fundirse correctamente y la unión no es válida. Posible goteo o incluso salida de tubería. |
| Temperatura de los hornos alta. > 260°C | El PB se degrada por exceso de temperatura y la unión no es válida. Posible goteo o incluso salida de tubería. |
| Suciedad en hornos, tubería o accesorios. | Los restos de grasa y suciedad no permiten la correcta fusión de las superficies de tubo y accesorio. Unión no válida. Posible goteo o incluso salida de tubería. |
| Corte no perpendicular | Fusión asimétrica de tubo y accesorio. Posible goteo |
| Tubería sin bisel | Arrastre de material fundido al meter la tubería en el accesorio. Dificultad para introducir el tubo.Posible goteo o incluso salida de tubería. |
| Tiempo de fusión insuficiente | El PB no llega a fundirse correctamente y la unión no es válida. Posible goteo o incluso salida de tubería |
| Demasiado tiempo de fusión | El PB se degrada por exceso de calor y la unión no es válida. Posible goteo o incluso salida de tubería. |
| Tiempo de mantenimiento insuficiente | La tubería puede moverse de su posición dentro del accesorio. Posible expulsión de la tubería |



7.3. Unión por Electrofusión

Unión única en el mercado por electrofusión universal a 40 V de tubos y piezas de PB. Unión segura y sencilla, hasta en los casos más complejos, dado que la presentación de la unión se realiza en frío. Asegúrese de la limpieza de las partes y de la longitud de penetración del tubo en la pieza, y la unión la hará la máquina.

Herramientas necesarias para la instalación

- Máquina de electrofusión comercial con salida a 40 V (corriente continua).
- Cortatubos.
- Rotulador marcador.
- Alcohol limpiador.
- Escariador recomendado
- Papel para limpiar (usar papel de cocina)

Personal apto para realizar la unión

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en la técnica de soldadura por electrofusión y con conocimientos prácticos en el uso de la máquina de soldadura que tengan disponible.

Instrucciones de montaje:

- 1 Corte el tubo perpendicularmente a su eje dejando una sección lo mas uniforme posible.



- 2 Escarie y limpie el tubo y la zona interior del manguito utilizando un papel absorbente que no deje pelusas empapado en alcohol limpiador. Una vez limpias las superficies tenga cuidado de no dejarlas en sitios con suciedad o manipularlas con manos sucias.



- ③ Utilizando las marcas del propio manguito, marque la longitud de penetración en el tubo.



- ④ Introduzca el tubo hasta la marca realizada.



- ⑤ Conecte los terminales eléctricos de la máquina de electrofusión al manguito.



- ⑥ Utilizando el lápiz lector, lea el código de barras del manguito.



- ⑦ Acepte los parámetros leídos y comience el proceso de fusión.



- ⑧ Durante el proceso de fusión manténgase por lo menos a un metro de la zona de fusión y no manipule la instalación.
- ⑨ Una vez terminada la fusión, espere el tiempo de enfriamiento indicado en la tabla de parámetros, antes de continuar con la manipulación de la instalación.
- ⑩ El testigo de fusión permite comprobar rápidamente que la instalación está preparada.
- ⑪ Espere al menos 1 hora antes de poner en servicio la instalación con presión de funcionamiento
- ⑫ **Pasadas 24 horas desde la última unión se podrá proceder a realizar la prueba hidráulica de la instalación explicada en el apartado 7.7.**



Parámetros de la unión:

| Diámetro (mm) | Longitud de penetración (mm) | Resistencia eléctrica (Ohms) | Tiempo de fusión (segundos) | Tiempo de enfriamiento (minutos) |
|---------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 63 | 58 | 2.9 | 110 | 15 |
| 75 | 64 | 1.4 | 110 | 15 |
| 90 | 72 | 2.2 | 160 | 15 |
| 110 | 80 | 1.0 | 220 | 15 |
| 125 | 90 | 1.3 | 345 | 15 |
| 160 | 100 | 2.0 | 780 | 15 |

* Parámetros válidos para los manguitos de electrofusión NT, consultar los valores para otros tipos de accesorios como reducciones o Tes.

Recomendaciones para asegurar una buena unión:

- Es muy importante asegurarse de que todas las superficies de unión están limpias. La presencia de gotas de agua, grasa o cualquier otro elemento en la zona de unión, pueden provocar una unión fallida.
- Compruebe siempre la longitud de penetración de la tubería en el accesorio, para ello marque la tubería previamente.
- Es recomendable comprobar que la holgura del tubo y el manguito sea aceptable. Holguras muy grandes dejan huecos en la unión que no favorecen el proceso de unión. Esta holgura puede controlarse durante el proceso de escariado y a la hora de alinear el tubo-manguito.
- Se recomienda alinear bien el tubo o accesorio respecto al manguito. El desalineamiento angular puede provocar una unión fallida. Según las normas de DVS a los 300 mm de la unión el desplazamiento del tubo debe ser como máximo de 1 mm. El hueco entre el tubo y manguito debe ser uniforme por toda la circunferencia.
- Una vez terminada la unión, es muy importante esperar el tiempo recomendado de enfriamiento. La manipulación de la instalación antes de que la unión se enfríe lo suficiente puede estropear la soldadura interna realizada.
- Utilice una máquina de electrofusión fiable y capaz de entregar el voltaje y la intensidad adecuados para realizar la unión. Se recomienda el uso de máquinas que cumplan las características que se enumeran en la norma DVS 2208.

Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

| ERROR DE MONTAJE | CONSECUENCIA |
|---|---|
| Longitud de penetración insuficiente | Zona de fusión sin cubrir con posible cortocircuito eléctrico y sobre-fusión del elemento. Unión no válida. |
| Suciedad en tubería o accesorio | La suciedad impide que las superficies se fundan adecuadamente. Unión no válida |
| Tubería expuesta a la luz prolongadamente | La capa exterior de la tubería puede haberse oxidado. La unión no será conforme. |
| Tubería y accesorio desalineados | Posible escape de material fundido por los huecos debidos a la falta de alineamiento. Unión no válida |
| Parámetros de fusión inadecuados. Tiempo de fusión insuficiente | El material no llega a fundirse. Unión no válida con posibilidad de salida de tubo |
| Parámetros de fusión inadecuados. Tiempo de fusión elevado. | El material se funde en exceso y hay posibilidad de que la unión desprenda material fundido. Unión no válida con posible goteo. |

7.4. Unión a Testa

Unión de tubo y accesorio cara con cara en el espesor de los mismos. Unión fiable y segura, ahorra espacio y material. Dependiente del buen entrenamiento del instalador, conocimiento de la maquinaria y espacio y posición adecuados y suficientes.

Herramientas necesarias para la instalación

- Máquina de unión a testa comercial con temperatura de placa a 260° C.
- Cortatubos.
- Reloj y tabla de datos
- Alcohol limpiador.

Personal apto para realizar la unión

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en la técnica de soldadura a testa y con conocimientos prácticos en el uso de la máquina de soldadura que tengan disponible.

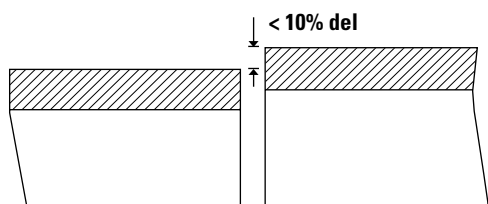
Instrucciones de montaje:

- 1 Coloque los tubos o accesorios a unir en los amarres de la máquina de soldar.



- 2 Compruebe que los espesores de ambas partes son similares.
Cierre las mordazas y compruebe que los tubos y/o accesorios están bien alineados acercando las caras con el dispositivo tensor.

- El desalineamiento máximo aceptable corresponde con el 10% del espesor de pared.



- 3 Limpie la suciedad de caras y las zonas próximas.
Coloque la herramienta de fresado entre las los caras y comience con el proceso de mecanizado.





- 4 Retire la herramienta de fresado y limpie los restos de viruta.
- 5 Compruebe que al unir las caras con el dispositivo tensor no queden huecos excesivos en la unión. El hueco máximo no debe sobrepasar los 0.5 mm.



- 6 Compruebe que el elemento calefactor esta a la temperatura adecuada. (260°C)
- 7 Meta el elemento calefactor entre los dos accesorios



- 8 Acerque las caras al elemento calefactor aplicando una presión de 0.1 N/mm²
 - En las maquinas mecánicas se aplicará la fuerza denominada F1 en la tabla adjunta.
 - En las máquinas hidráulicas será necesario calcular la presión a aplicar al cilindro.



- 9 Mantenga esta presión hasta que el cordón que se forme tenga la altura suficiente
 - Dimensiones recomendadas de cordón en la tabla adjunta.

Baje la presión de apriete hasta 0.01 N/mm²

- En las maquinas mecánicas se aplicará la fuerza denominada F2 en la tabla adjunta.
- En las máquinas hidráulicas será necesario calcular la presión a aplicar al cilindro.

Mantenga esta presión durante el tiempo indicado en la tabla adjunta como T1



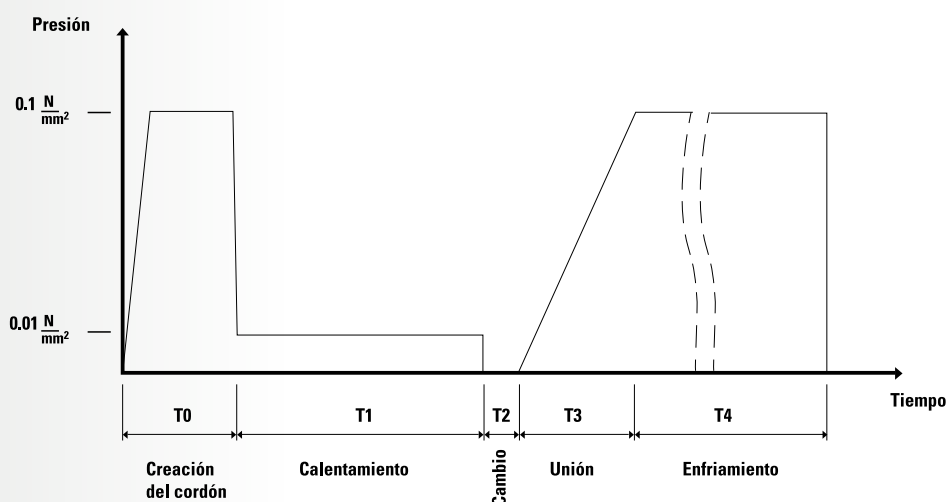
- 10 Separe las caras del elemento calefactor y retirarlo.
 - Esta operación es recomendable hacerla en el menor tiempo posible, el tiempo recomendado corresponde con T2 en la tabla adjunta.
 - Antes de retirar el elemento calefactor compruebe que no está pegado a las caras de los accesorios para evitar daños en el cordón de soldadura.
- 11 Acerque las caras para comenzar la unión.
- 12 Aumente la presión durante el tiempo T3 hasta alcanzar los 0.1 N/mm^2
 - En las máquinas mecánicas se aplicará la fuerza denominada F3 en la tabla adjunta
 - En las máquinas hidráulicas será necesario calcular la presión a aplicar al cilindro.
- 13 Mantenga la presión durante el tiempo indicado en la tabla adjunta como T4.



- 14 Suelte las mordazas y retire los accesorios de la máquina.
- 15 Aunque la unión ya esta terminada es recomendable esperar aproximadamente una hora hasta que la soldadura se enfríe por completo para manipular los accesorios soldados.
- 16 Espere al menos 1 hora antes de poner en servicio la instalación con presión de funcionamiento
- 17 **Pasadas 24 horas desde la ultima unión se podrá proceder a realizar la prueba hidráulica de la instalación explicada en el apartado 7.7.**

Parámetros de unión

Parámetros y diagrama para uniones con máquina de apriete manual (mecánico).



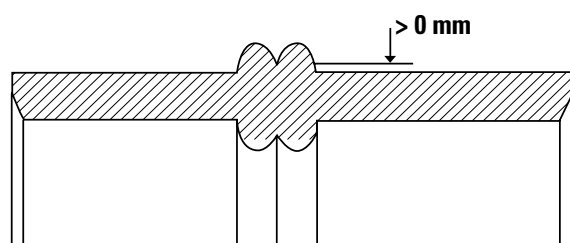


| Tubo | 0.1 N/mm ² F1 N | T0 seg | Cordón mm | 0.01 N/mm ² F2 N | T1 seg | T2 seg | 0.1 N/mm ² F3 N | T3 seg | T4 min | Temp °C |
|------------|----------------------------------|-----------|--------------|-----------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|------------|
| Ø63 x5.8 | 104 | HC* | 0.5 | 11 | 55 | 6 | 104 | 10 | 8 | 260 |
| Ø75 x6.8 | 146 | HC* | 0.5 | 15 | 60 | 6 | 146 | 10 | 9 | 260 |
| Ø90 x8.2 | 211 | HC* | 1 | 21 | 70 | 7 | 211 | 11 | 10 | 260 |
| Ø110 x10 | 314 | HC* | 1 | 32 | 80 | 7 | 314 | 11 | 12 | 260 |
| Ø125 x11.4 | 407 | HC* | 1 | 41 | 85 | 8 | 407 | 12 | 14 | 260 |
| Ø160 x14.6 | 667 | HC* | 2 | 67 | 100 | 10 | 667 | 16 | 16 | 260 |

**HC= Hasta hacer cordón

Recomendaciones para asegurar una buena unión:

- Tras la fusión, la zona de unión debe aparecer como un cordón de soldadura doble con forma regular a lo largo de la circunferencia y cuya zona intermedia (valle) esté siempre a una altura superior a la cara exterior de los accesorios. (ver figura)
- En caso de realizar la soldadura al aire libre es recomendable proteger la unión de las condiciones climatológicas adversas (lluvia, nieve, viento...) que puedan causar variaciones inadmisibles en la temperatura de fusión que se alcance.



Posibles errores de montaje y sus consecuencias:

| ERROR DE MONTAJE | CONSECUENCIA |
|--|--|
| Caras desalineadas entre tubería y accesorio | Superficie de fusión irregular con posibilidad de rotura. Unión no válida |
| Tiempo de calentamiento insuficiente | Material de la zona de la unión frío, fusión de las partes incompleta. Posibilidad de rotura. Unión no válida. |
| Tiempo de calentamiento excesivo | El material puede degradarse y no llegara unirse correctamente. El material sobre-fundido se puede derramar por el interior de la tubería accesorio. Unión no válida |
| Fuerza de unión excesiva | Cordón de soldadura irregular con bordes no redondeados. Unión no válida |
| Fuerza de unión insuficiente | Cordón de soldadura con posibles huecos interiores. Puede ser no apreciable a simple vista. Unión no válida |
| Placa calefactora sucia | Contaminación de la superficies a unir provocando la falta de unión. |
| Temperatura de la placa calefactora inadecuada (alta o baja) | Falta de fusión entre las superficies a unir. Unión no válida |

7.5. Unión Bridada

Las salidas del sistema de tuberías de PB a elementos comerciales en diámetros grandes pueden hacerse mediante uniones bridadas normalizadas.

Las uniones bridadas son muy sensibles los esfuerzos tangenciales y a los soberapietes sobre la portabrida. Es importante, por tanto, asegurarse de la correcta instalación de la unión bridada, así como su sujeción de forma que no reciba otras tensiones de la instalación aparte de las propias hidráulicas de la misma.

Asegúrese de seguir las instrucciones que a continuación le presentamos.

Herramientas necesarias para la instalación

- Conjunto de brida, portabridas y junta suministradas por Nueva Terrain
- Tornillería recomendada
- Llave fija (dinamométrica)

Personal apto para realizar la unión

Las uniones deben ser realizadas por personal formado en fontanería y con suficiente experiencia en el montaje de uniones bridadas con elementos plásticos.

Instrucciones de montaje:

- 1 Verifique que dispone de todas las piezas necesarias para realizar el montaje.

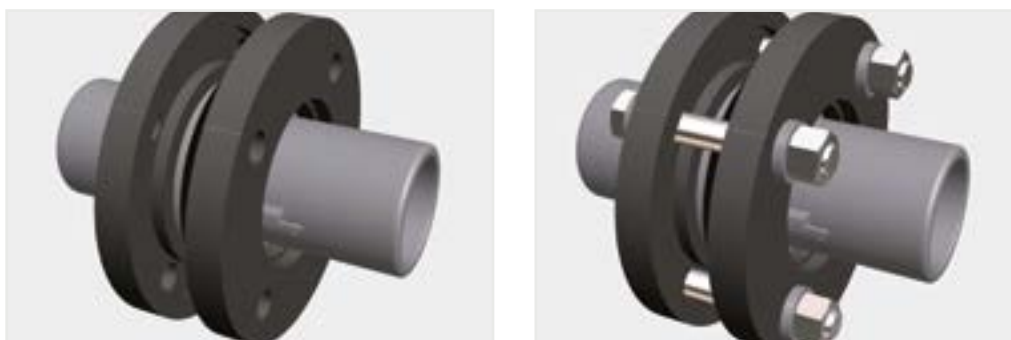


- 2 Introduzca la brida en el portabridas dejando la parte lisa de esta hacia el exterior de la unión. (de lo contrario las cabezas de los tornillos no asentarán correctamente)





- 3 Coloque la junta contra la cara del portabridas. **Se recomienda utilizar exclusivamente la junta suministrada por Nueva Terrain.**



- 4 Coloque el conjunto con la junta tocando a la unión que vaya a realizar. Coloque los tornillos con sus correspondientes arandelas y apriete uniformemente. **Respete el par de apriete recomendado, utilice una llave dinamométrica.**



IMPORTANTE:

No meter el manguito antes de la brida ya que luego no entraría esta y quedaría inservible.

- 5 En el caso de continuar la instalación con uniones de electrofusión, introduzca el manguito en el portabridas. El manguito debe colocarse al final del proceso porque no permite el paso del portabridas.

Parámetros de la unión:

Tabla de parámetros de la unión bridada:

| Diámetro de la unión | Par de apriete (N/m) | Nº de Tornillos | Métrica de los tornillos |
|----------------------|----------------------|-----------------|--------------------------|
| 63 | 30 | 4 | M16 x 80 |
| 75 | 35 | 4 | M16 x 90 |
| 90 | 40 | 8 | M16 x100 |
| 110 | 45 | 8 | M16 x100 |
| 125 | 50 | 8 | M16 x100 |
| 160 | 60 | 8 | M20 x140 |

Datos de la junta:

| Diámetro de la unión | D exterior (mm) | D interior (mm) | Espesor (mm) | D del toro (mm) |
|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 63 | 107 | 63 | 4 | 5 |
| 75 | 127 | 75 | 4 | 5 |
| 90 | 142 | 90 | 4 | 5 |
| 110 | 162 | 110 | 5 | 6 |
| 125 | 162 | 123 | 5 | 6 |
| 160 | 218 | 177 | 6 | 8 |

Datos de la brida:

| Diámetro de la unión | D exterior (mm) | D interior (mm) | Espesor (mm) | D centro agujeros | Nº de tornillos |
|----------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|
| 63 | 171 | 78 | 20 | 125 | 4 |
| 75 | 191 | 92 | 21 | 145 | 4 |
| 90 | 206 | 110 | 21 | 160 | 8 |
| 110 | 226 | 133 | 22 | 180 | 8 |
| 125 | 226 | 133 | 22 | 180 | 8 |
| 160 | 296 | 188 | 27 | 240 | 8 |

Dimensiones de brida y junta según norma DIN 2501 PN10

Recomendaciones

- El manguito debe colocarse al final del proceso porque no permite el paso de la brida.
- Se recomienda utilizar los componentes suministrados por Nueva Terrain para realizar la unión, de esta manera se asegura la total compatibilidad de todos los elementos.
- No realizar uniones con brida en tramos de tubería sometidos a flexión o en zonas diseñadas para la expansión térmica.
- Antes de empezar a apretar los tornillos, las caras de los portabridas deben estar en contacto y bien asentadas. Forzar la unión de los dos tramos apretando las tuercas puede llevar tensiones perjudiciales para el correcto funcionamiento del sistema.
- Apretar los tornillos diagonalmente opuestos lo más uniformemente posible hasta que la junta se sujete entre los portabridas. Después apretar con llave dinamométrica hasta el par recomendado.
- Comprobar el par de apriete 24 horas después de realizar la unión y tras la prueba de presión.
- Se recomienda lubricar las roscas para facilitar el desmontaje de la unión.
- No aplicar grasa o lubricante a la junta.
- Usar arandelas en las tuercas y en las cabezas de los tornillos y procurar que estos no sobresalgan más de 3 o 4 hilos de rosca por encima de las tuercas.
- Es recomendable seguir las indicaciones de trabajo con uniones bridadas de la norma DVS 2210-1

7.6. Uniones de transición

Las instalaciones de fontanería y calefacción requieren la inclusión de elementos externos al sistema de tuberías, como pueden ser grifos, bombas de impulsión, contadores etc... Normalmente estos elementos externos se conectan con uniones roscadas o uniones bridadas, por lo que el sistema de tuberías y accesorios debe ofrecer la posibilidad de acometer este tipo de uniones.

Accesorios de transición roscadas :

Nueva Terrain dispone de un amplio rango de accesorios metálicos y plásticos con salida a rosca normalizada BSP y a su vez aptos para la unión con tubería de PB.

Estos accesorios están disponibles en diámetros desde 15 mm hasta 50mm para diferentes aplicaciones.



Instrucciones de Montaje

- 1 Los accesorios con rosca metálica se instalarán aplicando teflón en los hilos de la rosca y roscando la unión hasta apretarlas firmemente pero sin forzar los elementos.



- 2 Los accesorios con rosca macho de plástico se instalaran aplicando teflón (nunca aplicar estopa)



- 3 Los accesorios con rosca hembra de plástico se instalaran SIN aplicar teflón ni estopa, ya que tienen incluida una junta que hace la estanquidad. Asegurarse de que la longitud de rosca macho es suficientemente larga como para que llegue al fondo y se logre la estanquidad con la junta



Se utilizará el par de apriete recomendado en la siguiente tabla:

| Rosca | Par (N/m) |
|-----------|-----------|
| 1/2 " BSP | 4 |
| 3/4 " BSP | 5 |
| 1" BSP | 6 |

Accesorios de transición roscadas diámetros grandes :

Como alternativa a las uniones bridadas en los diámetros 63, 75 y 90 mm, Terrain les ofrece la unión a salida roscada, que resulta más sencilla, menos sensible a la estricta conformidad de la unión, además de funcionar como unión desmontable y tuerca de unión.

La unión consiste en una Tuerca-contratuerca desmontable que ofrece muchas ventajas respecto a la unión bridada clásica.



Ejemplo de instalación

Transición desde una llave de esfera de 2" a sistema de PB.



Ofrece una unión desmontable por tuerca que facilita la instalación y mantenimiento del sistema.

En este caso se realiza la unión después de haber acometido las electrofusiones del sistema PB y de haber fijado convenientemente la llave de esfera de 2"

| D.N. (mm) | d.n. (Roscado BSP) | |
|-----------|--------------------|--------|
| Ø 63 | 2" M | - |
| Ø 75 | 3" M | 2 ½" H |
| Ø 90 | 3 ½" M | 3" H |

Unión directa a tubería de cobre:

Algunos de nuestros diámetros son compatibles con los de las tuberías de cobre (15, 22 y 28 mm). La unión directa a estas tuberías sólo se podrá realizar asegurando el correcto biselado de los tubos, la compatibilidad dimensional y la ductilidad suficiente de la calidad de cobre para el agarre de nuestro anillo de retención.

Sin embargo Nueva Terrain recomienda el uso de accesorios de transición roscados para acometer las uniones entre diferentes materiales.

Las roscas de salida son compatibles con las roscas BSP para tubería . La calidad del latón de estampación es según aleación CW617N conforme a norma EN 12165

7.7. Pruebas de estanqueidad en las instalaciones.

7.7.1 Instalaciones hasta diámetro 90 mm

Más allá o en ausencia de la prueba que el organismo competente de cada país o región exija para la validación de las instalaciones, **Nueva Terrain le aconseja la realización de la prueba según el siguiente protocolo.**

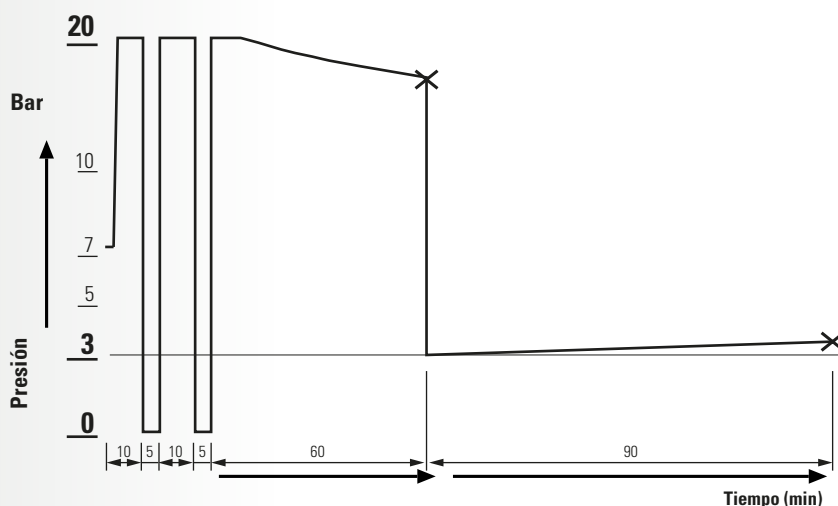
- 1 Llenar de agua el circuito.
- 2 Purgar bien por las zonas altas del circuito para que no existan burbujas de aire y creen una sobrepresión.

ATENCIÓN: Es muy importante sacar todo el aire del circuito



- 3 Si hay una diferencia de temperaturas considerable ($>10^{\circ}\text{C}$) entre el agua de la red y la temperatura ambiente, se recomienda esperar al menos 30 minutos para que se llegue a un equilibrio térmico y así evitar cambios de presión en el circuito debido a dilataciones.
- 4 Subir la presión a 7 bar durante medio minuto para que el anillo de retención se clave en el tubo de PB.
- 5 Continuar subiendo la presión hasta llegar a 20 bar, dejando esta presión durante 10 minutos para detectar posibles uniones erróneas.
- 6 Bajar la presión a 1 bar durante 5 minutos y subir de nuevo la presión hasta 20 bar durante otros 10 minutos, para probar la unión en sollicitación dinámica de presión cíclica. Repetir una vez más esta operación y dejar la presión a 20 bares durante 60 minutos.
- 7 Bajar la presión a 3 bares para comprobar la estanqueidad de las uniones. La prueba de presión sería conseguida con éxito si la presión después de 90 minutos se mantiene a ≥ 3 bares. Al contrario, si durante este tiempo la presión disminuyera sería indicativo de la existencia de alguna fuga.

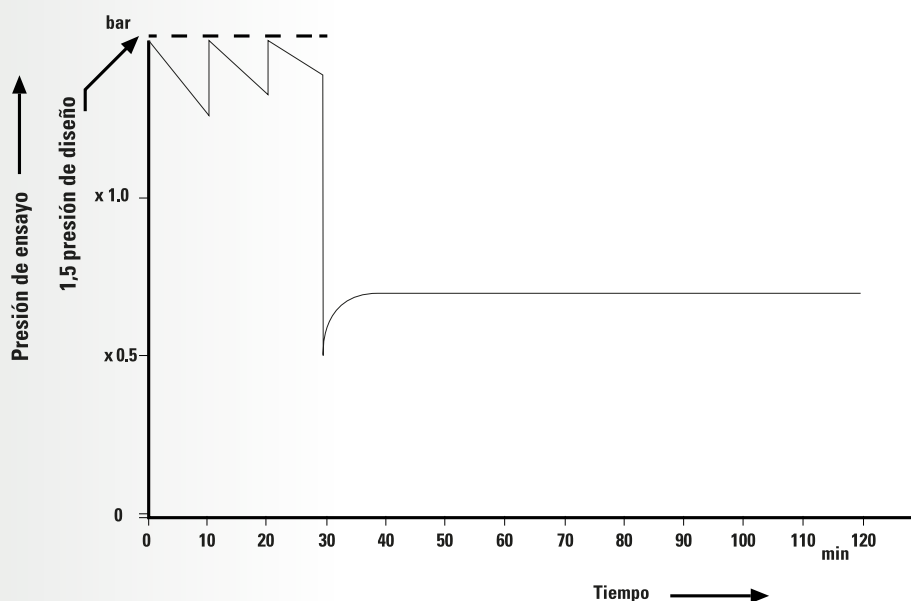
La realización de la prueba de presión es una garantía de instalación bien montada. Sin embargo, el correcto marcado de las uniones y aseguramiento de la correcta penetración del tubo en el accesorio es el complemento indispensable para la seguridad de una instalación conforme. Un accesorio mal montado y “agarrado” en la punta del tubo puede aguantar la prueba de presión y salir luego en las sollicitaciones dinámicas de la instalación.



Otra forma de probar la presión hidrostática, diferente al sistema anterior, y conforme a la norma UNE ENV 12108 Método A es según a continuación:

- ❶ Se llena la instalación de agua.
- ❷ Durante el llenado de la instalación se procede a su purga, con objeto de eliminar todo el aire del circuito.
- ❸ Una vez completado el llenado de la instalación y eliminado todo el aire de su interior se cierra la entrada de agua.
- ❹ Aplicamos a la instalación la presión de prueba, que tendrá un valor de vez y media la presión de trabajo (pero nunca más de 24 bares). Debido a la elasticidad del material la presión puede disminuir, por ello cada 10 minutos se debe restaurar el valor inicial de la presión de prueba. Esta maniobra se debe repetir tres veces. Durante el total de 30 minutos se lleva a cabo una inspección visual para comprobar la existencia de fugas en la instalación.
- ❺ Transcurridos los 30 minutos reducimos el valor de la presión a la mitad de la presión de trabajo abriendo la llave de vaciado.
- ❻ Durante los 90 minutos siguientes comprobamos posibles fugas en la instalación. Si durante este tiempo la presión disminuyera sería indicativo de la existencia de alguna fuga.

ATENCIÓN: En caso de prueba a presión muy elevada asegurase que todos los componentes que no resistan dicha presión (acumuladores, aparatos, uniones por bridas, etc.) estén desconectados durante la prueba de presión.





REGISTRO DE PRUEBA DE INSTALACIÓN

Descripción de la instalación

Instalación: _____

Localización: _____

Circuito: _____

Instaladora: _____

Check-list de conformidad de uniones

¿Marcado de profundidad de todas las uniones? SI ☐ NO ☐ N/A ☐

¿Manipulación o reuso de accesorios o uniones? SI ☐ NO ☐ N/A ☐

¿Limpieza de todas las uniones de fusión? SI ☐ NO ☐ N/A ☐

¿Respeto parámetros uniones de fusión? SI ☐ NO ☐ N/A ☐

Condiciones de la prueba

¿Purgado? SI ☐

Temperatura _____°C

Fecha/Hora: _____ / _____

Protocolo y registro de prueba

Presión anclaje: 7 bares - 1 minuto ☐

Presión inicial: 20 bares - 10 minutos ☐

Presión final: _____ bares

Presión relajación: 7 bares - 1 minuto ☐

Presión pulsión 1: 20 bares - 10 minutos ☐

Presión final: _____ bares

Presión relajación: 1bares - 5 minutos ☐

Presión prueba: 20 bares - 60 minutos ☐

Presión final: _____ bares

Presión trabajo: 3 bares - 90 minutos ☐

Presión final: _____ bares

Fecha: _____

Nombre: _____

Firma: _____

7.7.2 Instalaciones de grandes diámetros

Prueba de Estanquidad en Instalaciones con Grandes Diámetros

Debido a las grandes secciones que presentan dichas tuberías, las fuerzas que se generan en los anclajes y en la propia red son enormes, siendo fundamental controlar las presiones máximas a las que se somete el sistema para evitar dañarlo mecánicamente.

En el caso de las instalaciones con tubería de diámetros 110mm y superiores, Nueva Terrain recomienda proceder según el siguiente protocolo para hacer la prueba de estanquidad de la red de suministro de agua fría y caliente.

Dicho procedimiento de prueba evita dañar los elementos de la instalación y a la vez asegura la estanquidad de tuberías, accesorios y uniones.

Prueba de estanquidad para diámetros 110 mm y superiores

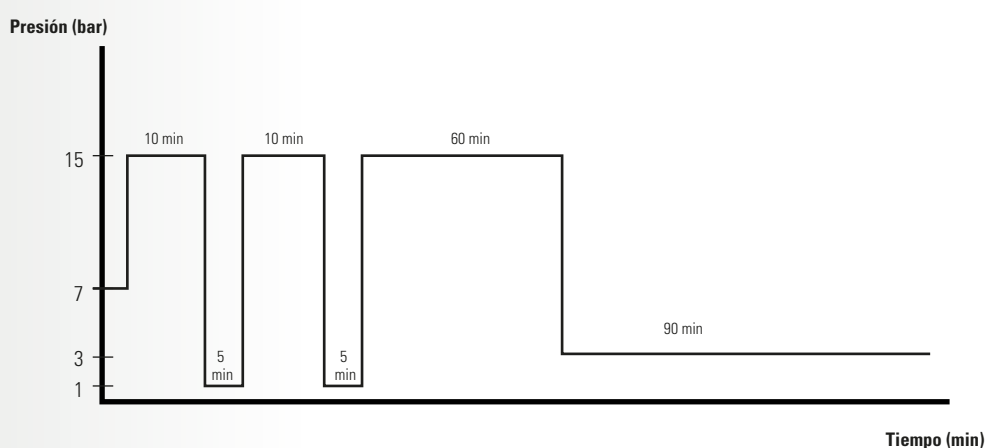
- 1 Llenar de agua el circuito.
- 2 Purgar bien por las zonas altas del circuito para que no existan burbujas de aire y creen una sobrepresión.

ATENCIÓN: Es muy importante sacar todo el aire del circuito

- 3 Si hay una diferencia de temperaturas considerable ($>10^{\circ}\text{C}$) entre el agua de la red y la temperatura ambiente, se recomienda esperar al menos 30 minutos para que se llegue a un equilibrio térmico y así evitar cambios de presión en el circuito debido a dilataciones. Durante los 90 minutos siguientes comprobamos posibles fugas en la instalación. Si durante este tiempo la presión disminuyera sería indicativo de la existencia de alguna fuga.
- 4 Subir la presión a 7 bar durante medio minuto para dejar que la red de tuberías y los anclajes se asienten. (en el caso de que la red haya uniones Push-Fit esto también sirve para que los anillos de retención se claven en el tubo de PB)
- 5 Continuar subiendo la presión hasta llegar a **15 bar**, dejando esta presión durante 10 minutos para detectar posibles uniones erróneas.
- 6 Bajar la presión a **1 bar** durante 5 minutos y subir de nuevo la presión hasta **15 bar** durante otros 10 minutos, para probar la unión en sollicitación dinámica de presión cíclica. Repetir una vez más esta operación y dejar la presión a **15 bar** durante 60 minutos.
- 7 Bajar la presión a **3 bar** para comprobar la estanqueidad de las uniones. La prueba de presión sería conseguida con éxito si la presión después de 90 minutos se mantiene a ≥ 3 bares. Al contrario, si durante este tiempo la presión disminuyera sería indicativo de la existencia de alguna fuga.



La realización de la prueba de presión es una garantía de instalación bien montada. Sin embargo, el correcto marcado de las uniones y aseguramiento de la correcta penetración del tubo en la pieza es el complemento indispensable para la seguridad de una instalación conforme. Una pieza mal montada y “agarrada” en la punta del tubo puede aguantar la prueba de presión y salir luego en las sollicitaciones dinámicas de la instalación.



8. Caudales y pérdidas de carga

8. CAUDALES Y PÉRDIDAS DE CARGA

8.1. Dimensionado de instalaciones

8.2. Pérdidas de carga en la tubería

8.3. Pérdidas de carga localizadas

8.4. Factor de corrección por temperatura

8.5. Pérdidas de carga para conducción de otros fluidos

8.6. Ejemplo de cálculo

El objetivo último de la red de tuberías es que llegue caudal de agua suficiente a los puntos de suministro. El examen de nuestra instalación se produce en la apertura del grifo del usuario. La evaluación es continua, porque nuestro cliente repetirá este examen durante toda la vida de la instalación. El proyecto de instalación suele resultar universal independientemente del tipo de material. Sin embargo, la respuesta final del sistema sí que dependerá de algunos factores típicos de cada material y sistema.





8.1. Dimensionado de instalaciones

La llegada al punto de suministro del caudal y presión suficiente de agua dependerá del correcto diseño de la instalación de tuberías, la altura geodésica así como de la presión que se reciba de la red de abastecimiento. El dimensionado de la red de tuberías es un problema complejo que debe tener en cuenta varias bases y parámetros de cálculo, así como complejas ecuaciones hidráulicas, que simulan el flujo de la instalación. Los parámetros y cálculos necesarios para el diseño de una instalación se pueden resumir en:

- Caudal necesario por tramo, basado en la demanda de cada aparato y la aplicación del coeficiente de simultaneidad de uso de la instalación
- Velocidad de circulación del fluido, que deberá seleccionarse por el calculista previendo la posible asociación de problemas a una velocidad alta, tales como golpes de ariete o generación de ruidos. En ese sentido, el tubo de PB, por ser el más elástico del mercado es el material que mejor acepta el incremento de velocidad circulante.
- Presión de suministro de agua de la red a la entrada de la instalación
- Presión mínima exigible de llegada a cada aparato o punto de consumo
- Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación, una vez determinados los diámetros que satisfagan los caudales y velocidades de fluido definidos, y comprobación de que se cumplen las especificaciones de presión en los puntos de consumo.

Según mencionado, el cálculo matemático es complejo, simulando mediante fórmulas empíricas el comportamiento hidráulico del sistema de tuberías. No es el objeto de este manual el incidir sobre lo que se puede disponer en literatura técnica para el lector más interesado. Dejaremos pues la mecánica de fluidos, los regímenes laminares y turbulentos, los coeficientes de fricción y las viscosidades cinemáticas, ..., así como sus mentores Bernoulli, Colebrook, Reynolds, Darcy, ..., y nos centraremos en las soluciones simplificadas que nos permiten el dimensionado de una manera sencilla y conforme.

Así, existen una serie de normas que definen el proceso de dimensionado y el cálculo de las pérdidas de carga de manera simplificada y objetiva, utilizando los principios hidrodinámicos, así como la propia experiencia de las instalaciones.

Por citar, las más relevantes, tendremos:

UNE EN 806-3: Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Dimensionado de tuberías. Método simplificado.

UNE 149201: Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de edificios

ISO/TR 10501 – UNE 53959: Tubos y accesorios de material termoplástico para la conducción de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga

CTE DB HS4: Suministro de agua – Apdo. 4: Dimensionado

El problema de dimensionado, descrito en las normas referenciadas, está suficientemente resuelto, incluso mediante programas informáticos que automatizan el cálculo. Si tienen alguna duda o consulta, nuestra oficina técnica podrá asesorarle e incluso realizar el proyecto en los casos más específicos o singulares.

En todo caso, y más allá de los cálculos teóricos que se exponen en los proyectos, recuerde las ventajas del sistema en PB Terrain SDP, en cuanto al correcto y fiable suministro en las condiciones proyectadas:

- ==> Material extremadamente elástico, lo que redundará en un gran comportamiento funcional ante la eventualidad de velocidades de circulación elevadas: no se generan ruidos, no se alcanzan picos de presión extremos por golpes de ariete, ...
- ==> Material de paredes lisas que conservan la rugosidad durante toda su vida útil, y por tanto aseguran la continuidad del suministro en las condiciones proyectadas, frente a las tuberías y accesorios que sufren corrosiones y/o decantaciones calcáreas, aumentando las pérdidas y reduciendo el caudal de aporte.
- ==> Accesorios y sistema de unión que no reducen el paso de fluido, y por tanto no aumentan las pérdidas localizadas

8.2. Pérdidas de carga en la tubería

En el anexo 5, encontrará la tabla de pérdidas de carga, en función del caudal transportado o velocidad de fluido, para todas las tuberías de PB del catálogo Terrain SDP y en el rango de trabajo de las instalaciones de fontanería.

Las unidades en las que se expresan los datos ofrecidos de pérdida de carga son en mbar por metro de tubería, para temperatura de agua de 20° C.

Si necesitara calcular las pérdidas de carga en un rango de trabajo distinto del expuesto, puede consultar a nuestro Departamento Técnico o aplicar la **fórmula general expuesta en la norma de cálculo ISO/TR 10501**:

Si el nº de Reynolds es : $4 \times 10^3 \leq Re \leq 1,5 \times 10^5 \rightarrow J_0 = 5,37 \times 10^{-2} \times (d-1,24 v^{1,76})$

Si el nº de Reynolds es: $1,5 \times 10^5 \leq Re \leq 1 \times 10^6 \rightarrow J_0 = 5,79 \times 10^{-2} \times (d-1,20 v^{1,80})$

Donde: J_0 es la pérdida de carga de la tubería en mbar por metro de tubería a 20° C

d es el diámetro interior de la tubería en m

v es la velocidad de circulación del fluido por la tubería en m/s

8.3. Pérdidas de carga localizadas

Las pérdidas de carga debidas a los accesorios que componen el sistema de tuberías se calculan mediante la aplicación de un coeficiente multiplicador universal definido para cada figura o geometría según la fórmula siguiente, que tiene en cuenta evidentemente la velocidad media del agua transportada. La fórmula de cálculo utilizada es la propuesta en la norma ISO/TR 10501:

$$\Delta P = \frac{100 \xi V^2}{2g}$$

Donde: ΔP es la pérdida de presión localizada expresada en mbar

ξ es el coeficiente de pérdida, dependiente de cada accesorio (adimensional)

v es la velocidad del fluido expresada en m/s

g es la aceleración de la gravedad: 9,8 m/s²

A continuación se dan los valores de ξ para cada accesorio, base del cálculo explicado.



| Accesorio N° | Tipo de accesorio | Coeficiente | | Símbolo gráfico |
|--------------|---------------------------|-------------|------|-----------------|
| 1 | T divergente | 1,3 | | |
| 2 | T concurrente | 0,9 | | |
| 3 | Salida de colector | 0,5 | | |
| 4 | Entrada a colector | 1,0 | | |
| 5 | Codo o Curva | 0,7 | | |
| 6 | Reducción | 0,4 | | |
| 7 | Lira de dilatación | 1,0 | | |
| 8 | Válvulas de asiento recto | Ø 15 | 10,0 | |
| | | Ø 16 | 10,0 | |
| | | Ø 20 | 8,5 | |
| | | Ø 22 | 8,0 | |
| 9 | Válvulas de bola | Ø 15 | 1,0 | |
| | | Ø 22 | 0,5 | |
| | | Ø 25 | 0,5 | |
| | | Ø 28 | 0,5 | |
| | | Ø 32 | 0,3 | |
| 10 | Válvula de escuadra | Ø15 | 4,0 | |

8.4. Factor de corrección por temperatura

Los cálculos y valores arriba expresados para las pérdidas de carga en la tubería lo son para agua a 20° C como fluido conducido. Las pérdidas de presión son, sin embargo dependientes de la temperatura del fluido conducido, puesto que a mayor temperatura la viscosidad cinemática del fluido es menor y por tanto la fricción y pérdidas de carga también se reducen. Aunque el valor del coeficiente corrector tiene una pequeña dependencia del régimen hidráulico en el que se encuentre el flujo, en función del n° de Reynolds que lo caracteriza, se pueden aceptar como fijos los valores según la siguiente tabla:

| T (°C) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| kt | 1,123 | 1,087 | 1,055 | 1,027 | 1,000 | 0,977 | 0,956 | 0,937 |

| T (°C) | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| kt | 0,918 | 0,903 | 0,886 | 0,858 | 0,834 | 0,813 | 0,793 | 0,776 |

Las pérdidas a una temperatura t , ΔPT , por tanto, se calcularán con referencia a las pérdidas a 20°C (J_0), multiplicadas por el factor corrector de la tabla superior, según la siguiente fórmula:

$$\Delta PT = kt J_0$$

8.5. Pérdidas de carga para conducción de otros fluidos

Si se quiere calcular la pérdida de carga para la conducción de un líquido distinto del agua, se debe conocer la viscosidad cinemática del mismo, a la temperatura de proyecto, aplicándose la siguiente fórmula que relaciona las pérdidas del fluido a calcular con las del agua a 20°C .

$$\Delta P_x = J_0 (v_x / v_w)^b$$

Donde: ΔP_x es la pérdida de carga unitaria para un líquido dado

J_0 es la pérdida de carga unitaria para el agua a 20°C

v_x es la viscosidad dinámica de un líquido dado a la temperatura de proyecto

v_w es la viscosidad dinámica del agua a 20°C

El exponente b es función del tipo de régimen hidráulico del fluido, según el valor del n° de Reynolds que lo caracteriza:

Si el n° de Reynolds es: $4 \times 10^3 \leq Re \leq 1,5 \times 10^5 \rightarrow b = 0,24$

Si el n° de Reynolds es: $1,5 \times 10^5 \leq Re \leq 1 \times 10^6 \rightarrow b = 0,20$

8.6. Ejemplo de cálculo

Supongamos que tenemos 10 m. de tubo de $\varnothing 32 \times 2,9$ instalado junto a 4 codos de 90° y que por esa instalación circula agua en un caudal de 0,8 l/seg.

- 1.- Conforme a las tablas del anexo 5, la pérdida de carga en el tubo es de 9.6 mbar/m con una velocidad de circulación del fluido de 1,48 m/seg. Por tanto, la pérdida de carga en los 10 metros de tubo es de 96 mbar.
- 2.- Según la tabla del punto 8.3, para el codo, el coeficiente ξ tiene un valor de 0.7. Aplicando la fórmula para una velocidad de 1.48 m/s, se obtiene una pérdida de carga individualizada de 7.82 mbar. Dado que tenemos 4 accesorios, la pérdida de carga en todas las singularidades será de 31.3 mbar.
- 3.- Por lo tanto la pérdida de carga total en nuestra instalación es de 127.3 mbar.
 - 96 mbar debido al tubo
 - 31.3 mbar debido a los accesorios.



9. DILATACIÓN, COMPENSACIÓN Y ABRAZADERAS

9.1. Dilatación y Compensación

9.1.1. Dilataciones y esfuerzos en distintos materiales

9.2. Técnicas de instalación

9.2.1. Instalación de los tubos que permiten la variación de su longitud

9.2.1.1. Colocación de los puntos de anclaje

9.2.1.2. Compensación de la variación de la longitud mediante brazo de flexión

9.2.1.3. Compensación de la variación de la longitud mediante lira

9.2.1.4. Ejemplos de absorción de dilataciones utilizando brazos de flexión y liras

9.2.1.5. Instalación de abrazaderas para instalaciones que permiten la variación de longitud de las tuberías.

9.2.1.6. Compensación de la variación de longitud con soportes horizontales continuos

9.2.1.7. Instalación de columnas montantes con "liras naturales"

9.2.2. Instalación de tubos que no permiten variación de su longitud

9.2.2.1 Recomendaciones para la instalación de montaje fijo

9.2.2.2 Distancias entre abrazaderas para montaje fijo

9.2.2.3 Elección de la varilla roscada para la sujeción de abrazaderas

9.2.2.4 Ejemplos de montaje fijo

9.3. Selección de método de instalación

La compensación de dilataciones para evitar los problemas asociados a las mismas en las instalaciones de agua caliente y calefacción es una de las cuestiones básicas en el proyecto de instalaciones. Las soluciones son diversas y dependen de cada instalación. En este capítulo exponemos las soluciones constructivas que de nuestra experiencia podemos aportar.



Los movimientos térmicos que se producen en las instalaciones de tuberías, el propio peso y presión hidráulica de las mismas, así como la actuación sobre elementos de control como válvulas y similares, derivan esfuerzos sobre las instalaciones que deben ser tenidas en cuenta en la fase de diseño, con el objeto de evitar daño sobre las mismas.

A continuación, se ofrece un resumen de las técnicas de instalación, tales como métodos de compensación de dilataciones, elección de puntos fijos y soportes, así como recomendaciones generales que le ayudarán en la construcción de instalaciones más seguras. Aún reconociendo la no siempre sencilla concurrencia entre la instalación en plano (diseño) y la real, el seguimiento de ciertas básicas instrucciones constructivas redundará en la correcta absorción de las tensiones que se generen, sin afección a los elementos propios de la instalación: tubos, accesorios y uniones. Inicialmente, explicaremos de forma general el comportamiento de la dilatación en los materiales, y la generación de tensiones por la deficiente compensación de las mismas.

9.1. Dilatación y Compensación

Una característica general de todos los sólidos es que se dilatan, en mayor o menor cantidad, cuando aumentan su temperatura y se contraen cuando esta disminuye. Así una barra de cualquier material que tenga una longitud inicial L_0 sufre un alargamiento ΔL al subir su temperatura en ΔT °C. La constante característica de cada material que relaciona esas cantidades es el denominado coeficiente de dilatación térmica lineal, α , de modo que:

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T$$

Donde: ΔL es el incremento de longitud en mm

L es la longitud inicial en m

α es el coeficiente de dilatación térmico en mm/m °K

ΔT es el incremento de temperatura en °K (=en °C)

El coeficiente de dilatación térmico para el PB es 0.13 mm/m°K, con lo que de la aplicación de la fórmula podemos obtener la elongación de la tubería de PB para un incremento de temperatura dado. (alternativamente, en el anexo 6 se ofrece un gráfico que permite calcular de forma más sencilla las variaciones de longitud para los tubos de PB.)

Estas variaciones, sean de alargamiento o de contracción, además de poder llegar a producir un efecto estético negativo (tubería que serpentea), también pueden producir una tensión mecánica tanto a los propios tubos como a los puntos de anclaje.

Si bien es cierto que el coeficiente de dilatación de los plásticos es bastante superior al de los metales, las tensiones mecánicas que se producen debido a las dilataciones son mucho menores en los plásticos, debido a su elasticidad. En el siguiente apartado se analizan las tensiones mecánicas producidas por la dilatación.

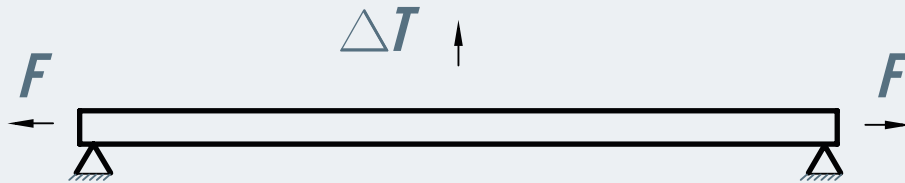
9.1.1. Dilataciones y esfuerzos en distintos materiales

Según lo mencionado en el apartado anterior, los esfuerzos que se generan en las instalaciones por las dilataciones de las tuberías son dependientes del coeficiente de dilatación y del módulo elástico del material de las tuberías. El módulo elástico o de Young es precisamente el factor que relaciona el esfuerzo con el alargamiento, según la siguiente ecuación:



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F / S}{\Delta L / L}$$

Donde: **E** es el módulo de elasticidad longitudinal. (MPa)
 σ es la tensión sobre la sección transversal del tubo (MPa)
 ϵ es la deformación unitaria del tubo
F es la fuerza ejercida en (N)
S es la superficie donde se aplica la fuerza en (mm²)
 ΔL incremento de longitud en (m)
L Longitud en (m)



Así, en el caso de dilatación de una tubería entre dos puntos, el esfuerzo que se produce en los anclajes viene definido por la propia ecuación, al querer el tubo dilatar longitudinalmente, pero no permitírselo los puntos fijos y no poder flexionar lateralmente. Desarrollando las ecuaciones anteriores se obtiene la fórmula que relaciona la fuerza transmitida a los anclajes en un tubo por un incremento de temperatura T :

$$\sigma = E \cdot \Delta L \rightarrow F = E \cdot \Delta L \cdot S = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot S$$

Donde F es la fuerza que se genera sobre los apoyos (N)
 α es el coeficiente de dilatación térmica lineal (mm/m °K) → 0.13 para el PB
 ΔT es el incremento de la temperatura (°K)
S es la sección del espesor de la tubería (mm²)

Si tomamos un caso típico de incremento de temperatura de tubo de 50° C para tubería comercial de diámetro exterior 25 mm en distintos materiales, tendremos.

| Material | E (Mpa) | α (mm/m °K) | D (mm) | e (mm) | F (N) |
|----------|---------|--------------------|-----------|--------|-------|
| PB | 450 | 0.13 | 25 | 2,3 | 480 |
| PEX | 950 | 0.20 | 25 | 2,8 | 2245 |
| PP | 900 | 0.15 | 25 | 3,5 | 1595 |
| PVC-C | 3500 | 0.08 | 25 | 2,8 | 2734 |
| Acero | 210000 | 0.012 | ¾" (26,9) | 2,65 | 25437 |
| Cu | 120000 | 0.018 | 22 | 1,2 | 8468 |

9.2. Técnicas de instalación

Existen diferentes tipos o métodos de instalación para corregir tanto los esfuerzos como el efecto estético de las dilataciones producidas en una instalación. La elección de un tipo u otro dependerá de la situación y posibilidades constructivas, así como de los diámetros de cada tramo y los esfuerzos que se prevean.

Básicamente, existen dos diferentes métodos de instalación, que a su vez pueden dividirse según la forma de aplicación, y que se detallan en la norma ENV 12108 de prácticas recomendadas:

1. **Los que permiten dilatación "longitudinal" de la tubería (brazo de flexión o lira).** Este método no produce efecto estético negativo pero hay que ser muy cuidadoso en la selección y ejecución de los puntos fijos (sólo uno en caso del brazo) y/o abrazaderas deslizantes para orientar la dilatación. Además es necesario contar con el espacio necesario para alojar las liras o brazos de flexión.
2. **Los que no permiten dilatación lineal de la tubería:** la dilatación se manifiesta bien mediante curvatura o "serpenteo" de la tubería, o bien corrigiéndola mediante medias cañas o soportes continuos que provoquen la dilatación en diámetro de la tubería y compresión de la misma.

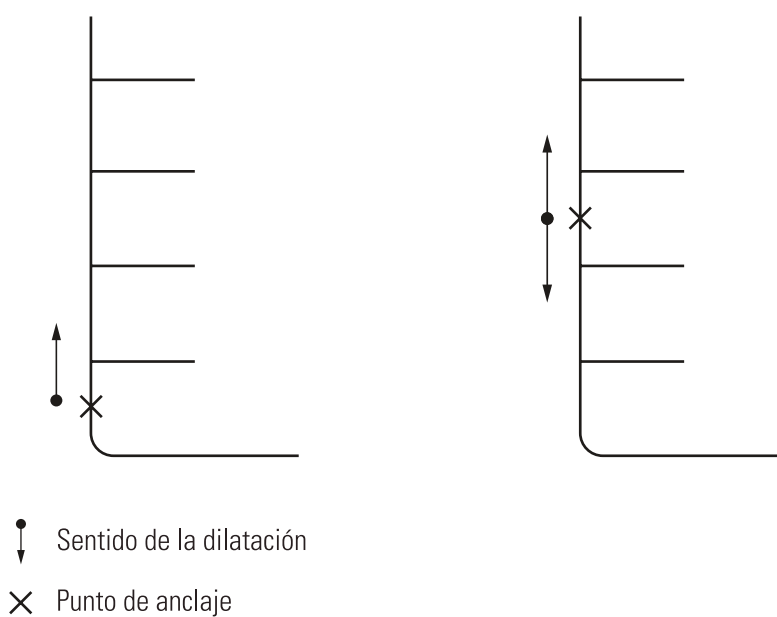
9.2.1. Instalación de los tubos que permiten la variación de su longitud

Se permite la dilatación longitudinal de la tubería, mediante la ejecución de un solo punto fijo en el tramo que se estudia y la libre dilatación del extremo opuesto mediante brazo de dilatación o lira.

9.2.1.1. Colocación de los puntos de anclaje

La selección y colocación de los puntos de anclaje se utiliza para direccionar y limitar la proporción de la dilatación térmica. Los puntos de anclaje o fijos pueden colocarse de forma que las variaciones de longitud por efectos de la temperatura puedan repartirse en diferentes direcciones.

En las siguientes figuras pueden verse ejemplos de elección de puntos de anclaje en montantes. De la misma forma puede aplicarse a la cabecera de los tubos empleados en un sótano.



↕ Sentido de la dilatación

× Punto de anclaje

Los puntos de anclaje o puntos fijos deben realizarse con abrazaderas adecuadas que sean capaces de impedir el movimiento de la tubería y a su vez no dañarla. Se recomienda el uso de abrazaderas con junta de goma bien apretadas.



9.2.1.2. Compensación de la variación de la longitud mediante brazo de flexión

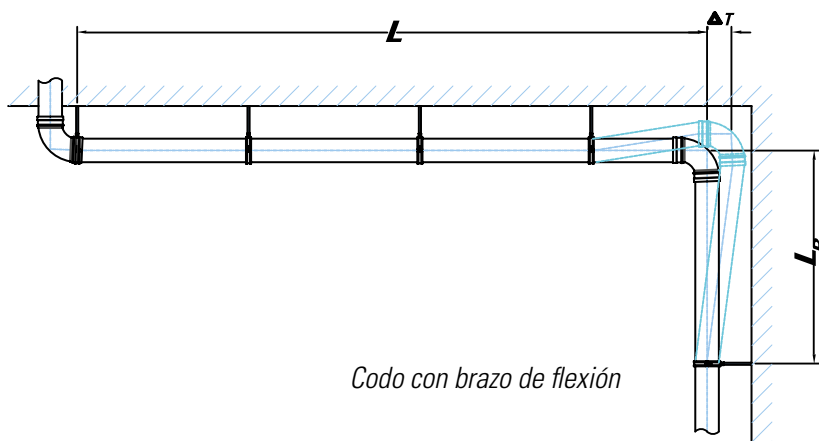
Este método consiste en prever espacio para dejar un brazo de flexión que permita dilatar a la tubería. Las abrazaderas guía deben por tanto permitir el movimiento de dilatación de la tubería de tal forma que el brazo de flexión se produzca donde hemos previsto. A continuación se explica como calcular los brazos de flexión.

Cálculo del brazo de flexión

Las siguientes figuras muestran dos casos diferentes donde se ha usado el brazo de flexión para permitir que la instalación dilate. En ambos casos que busca que las dilataciones se absorban mediante la flexión de la tubería y así evitar tensiones mecánicas en los accesorios.



Te con brazo de flexión (caso de montante)



Codo con brazo de flexión

En la valoración de esas tensiones interviene, además de la propia variación de longitud, el módulo de elasticidad del material del tubo. Así, por ejemplo, Para determinar la longitud de un brazo de flexión se utiliza la fórmula siguiente:

$$BF = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \varnothing}$$

Donde: La constante **C** depende del material del tubo:

C = 10 para el PB

C = 20 para el PP – R

C = 34 para el PVC - C

C = 12 para el PEX

ΔL = incremento de longitud por variación de temperatura (mm)

\varnothing = diámetro exterior de la tubería (mm)



Ejemplo de cálculo del brazo de flexión:

Datos de partida:

- Longitud de la tubería(L0) = 10 m
- Incremento de temperatura(ΔT)= 50°C
- Diámetro del tubo(\varnothing)= 40 mm
- Coeficiente de dilatación térmica del PB: 0.13 mm/m °K

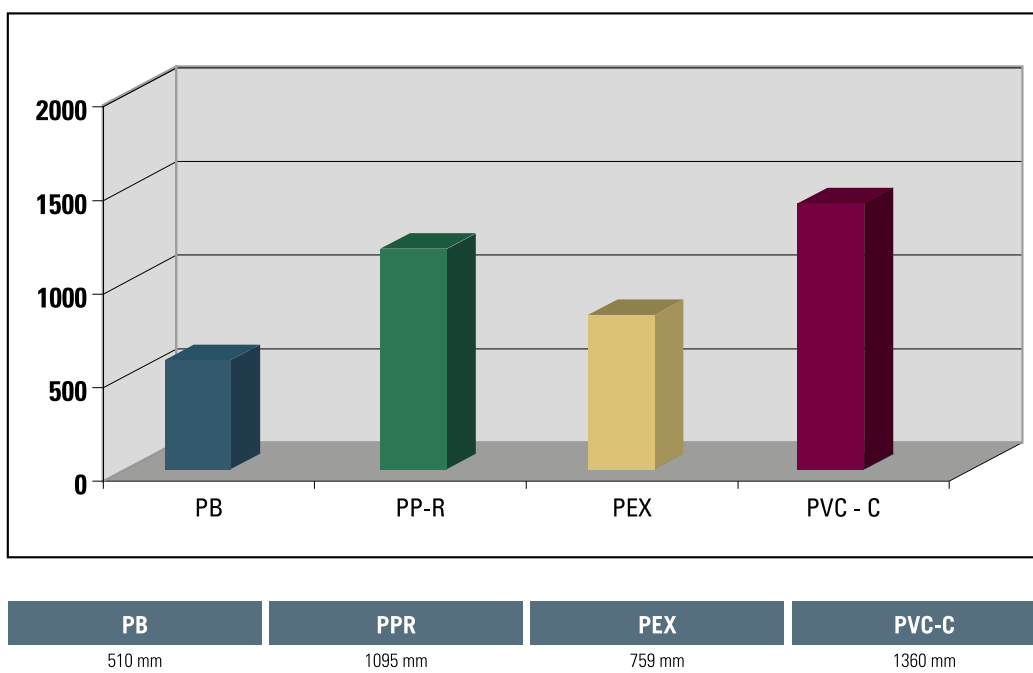
Primero se calcula el incremento de longitud que presenta la tubería al aumentar su temperatura 50 °C utilizando la fórmula explicada en el apartado 9.1 :

$$\Delta L = \alpha \times L0 \times \Delta T = 0.13 \times 10 \times 50 = 65 \text{ mm}$$

Aplicando la fórmula del brazo de flexión obtenemos:

$$BF = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \varnothing} = 10 \cdot \sqrt{(65 \times 40)} = 509,9 \rightarrow 510 \text{ mm}$$

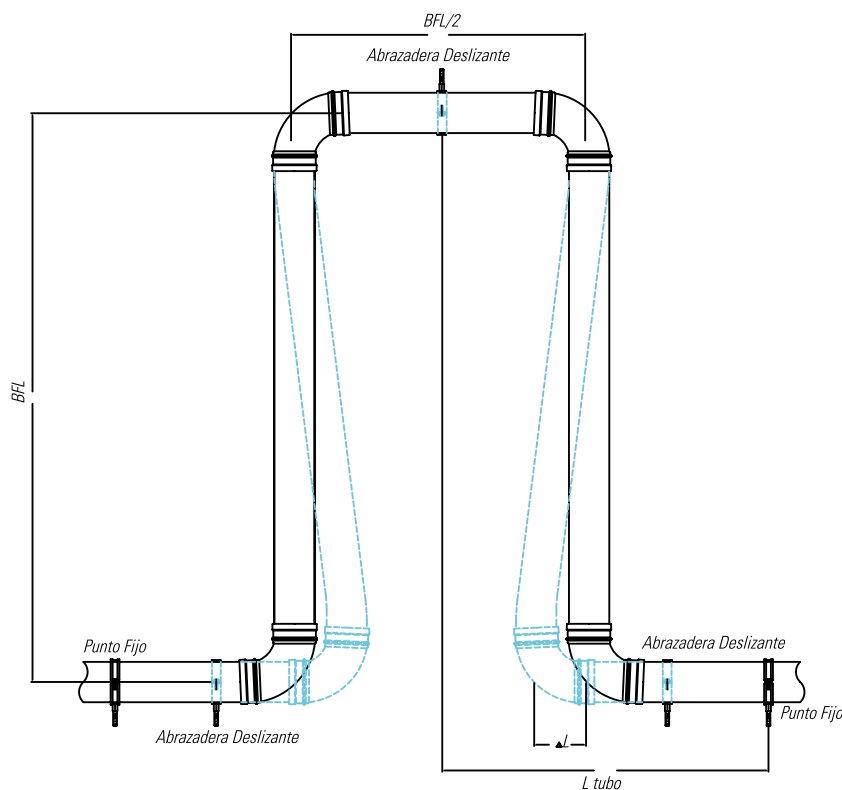
En el caso anterior de un tubo de 10 m con un diámetro de 40 mm y una variación térmica de 50° C los brazos de flexión requeridos para distintos materiales son de:



Como se puede claramente apreciar, los tubos de PB permiten absorber las variaciones de longitud para un mismo cambio térmico mediante brazos de flexión perpendiculares más cortos que en otros materiales. Esta diferencia puede permitir incluso en algunos casos que la lira no sea necesaria en PB y sí en otros materiales.

9.2.1.3. Compensación de la variación de la longitud mediante lira

Las liras se intercalan en la instalación cuando no es posible utilizar brazos de flexión. Esta técnica consiste en interrumpir los tramos rectos de tubería que dilatan intercalando un brazo de flexión artificial:



Para que la lira funcione correctamente es imprescindible que las abrazaderas deslizantes permitan que la tubería deslice a través de ellas desde los puntos fijos hacia la lira.

Cálculo de la lira

El cálculo de la lira es similar al del brazo de flexión:

$$BFL = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \varnothing}$$

Por tanto, la longitud de lira total será:

$$L_{\text{Total}} = BFL + BFL/2 + BFL = 5 \times BFL/3$$

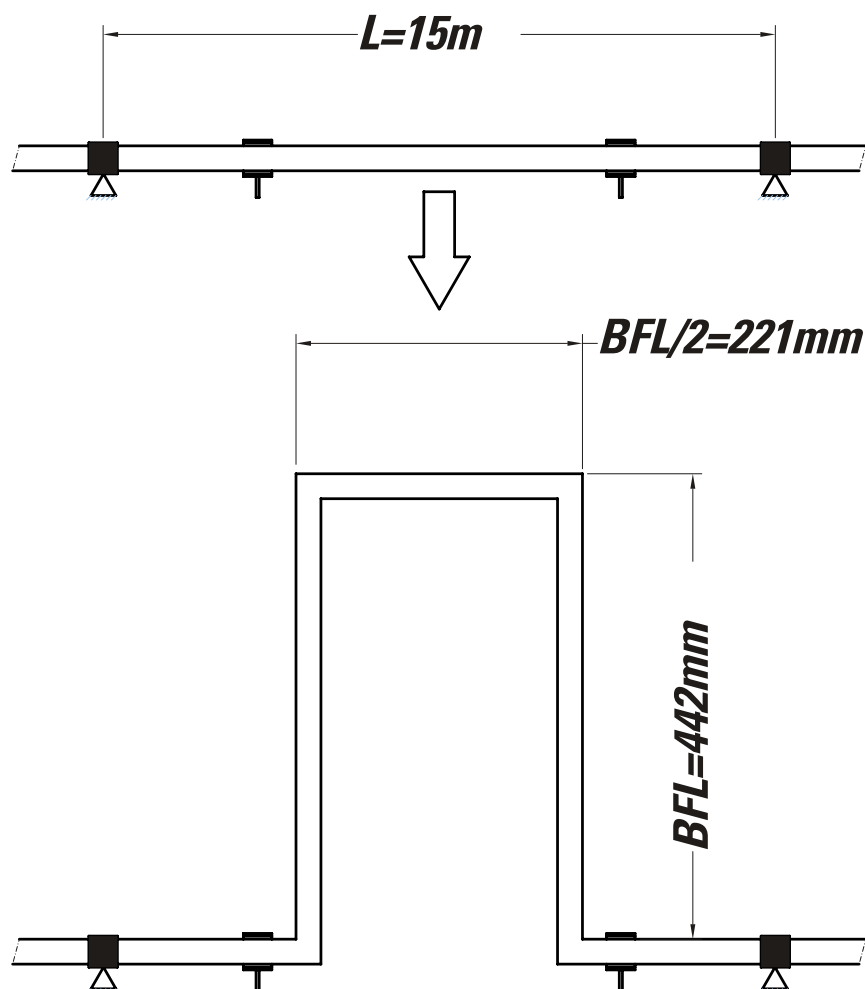
Se recomienda que para el diseño del bucle de dilatación el brazo perpendicular tenga el doble de longitud que el paralelo, tal y como se muestra en el dibujo.

En el caso de que la lira no se coloque en la mitad del tramo de tubería, se utilizará el tramo más largo para calcular el incremento de longitud por dilatación.



Ejemplo de cálculo de lira:

Supongamos que tenemos un tramo recto de tubería de D40 mm y 15 m de longitud situada entre 2 puntos fijos:



La compensación de dilataciones con lira se haría de la siguiente forma:

Primero calculamos el incremento de longitud de cada tramo debido a la dilatación (ΔL) suponiendo que colocamos la lira en la mitad del tramo de tubería.

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 0.13 \times 7.5 \times 50 = 48.75 \text{ mm}$$

A continuación se calcula en BFL:

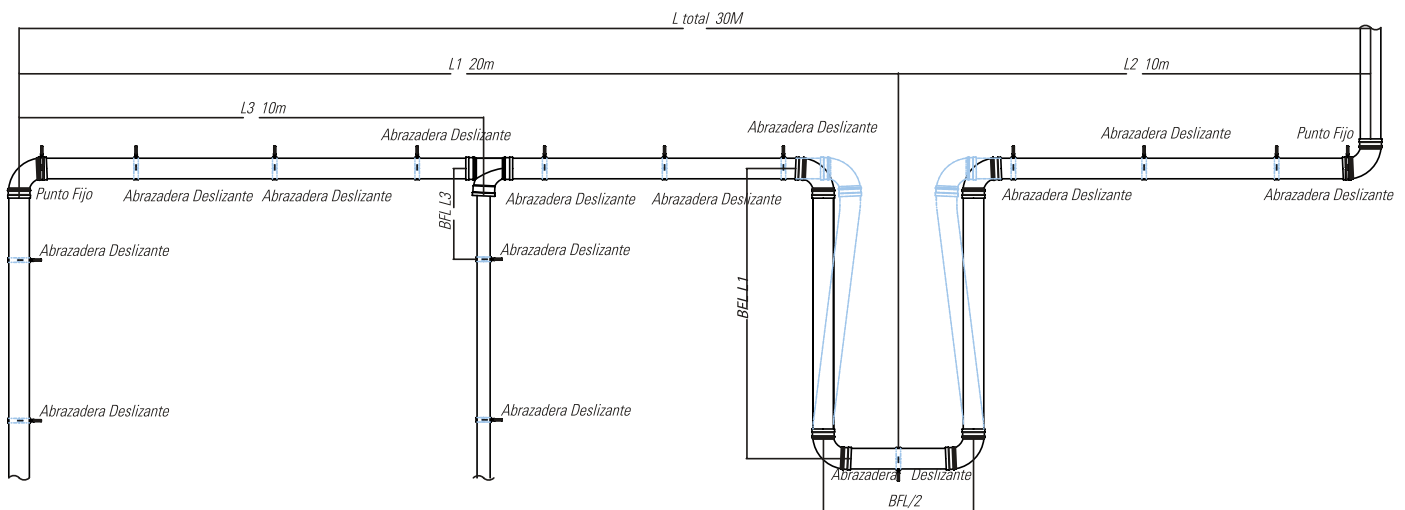
$$BFL = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \varnothing} = 10 \cdot \sqrt{(48.75 \times 40)} = 441.58 \rightarrow 442 \text{ mm}$$

En el caso de situar la lira descentrada en el tramo de tubería, los cálculos se realizarán con la longitud del tramo más largo.

9.2.1.4. Ejemplos de absorción de dilataciones utilizando brazos de flexión y liras

Ejemplo 1:

Supongamos un tramo de tubería D90 de 30m de largo con una derivación en Te a los 10m de un extremo de D40. A continuación se muestra una posible solución para absorber las dilataciones utilizando brazo de flexión y lira.



Para calcular los valores de BFL_3 y BFL_{L1} suponemos un incremento de temperatura de 50°C.

Por lo tanto:

$$\Delta L (BFL_3) = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 0.13 \times 10 \times 50 = 65 \text{ mm}$$

$$\Delta L (BFL_{L1}) = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 0.13 \times 20 \times 50 = 130 \text{ mm} *$$

* para el cálculo de la lira descentrada utilizamos el tramo más largo para calcular el incremento de longitud

Ahora se calculan los brazos de flexión:

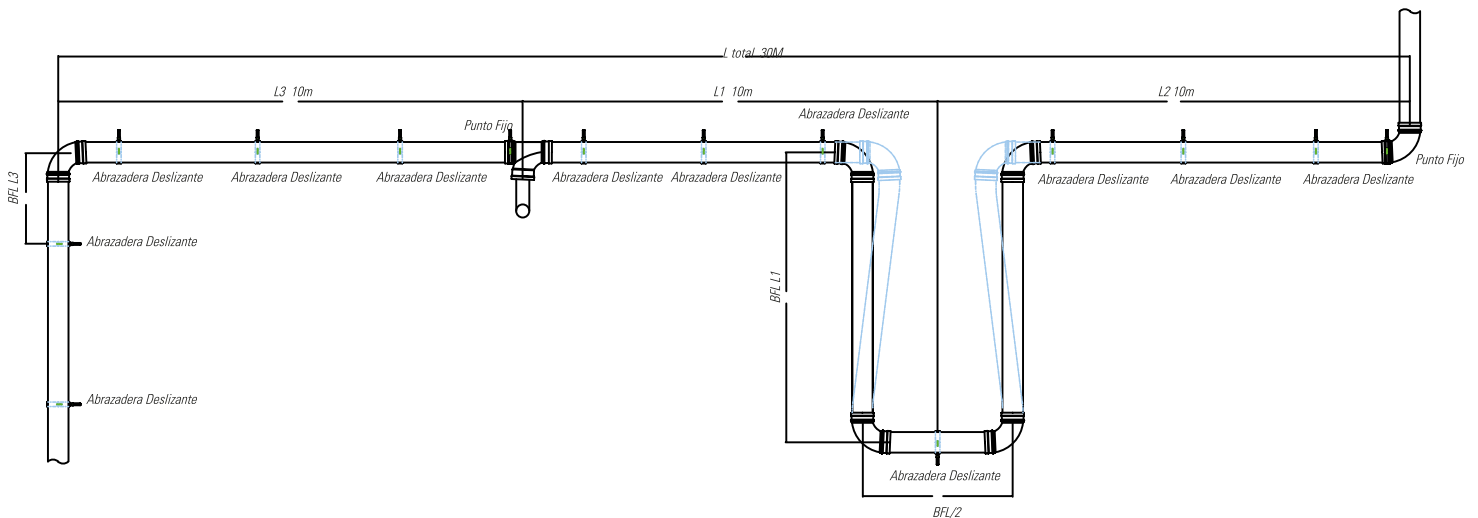
$$BFL_{L1} = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \emptyset} = 10 \cdot \sqrt{(130 \times 90)} = 1081,66 \rightarrow 1080 \text{ mm}$$

$$BFL_{L3} = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \emptyset} = 10 \cdot \sqrt{(65 \times 40)} = 509,90 \rightarrow 510 \text{ mm}$$



Ejemplo 2:

Supongamos el mismo caso que el ejemplo anterior pero sabiendo que la derivación de D40mm es demasiado corta como para poder ejercer de brazo de flexión, en este caso la solución podría ser la siguiente:



Los cálculos son los siguientes:

$$\Delta L (BFL_{L3}) = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 0.13 \times 10 \times 50 = 65 \text{ mm}$$

$$\Delta L (BFL_{L1}) = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 0.13 \times 10 \times 50 = 65 \text{ mm}$$

$$BF_{L1} = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \emptyset} = 10 \cdot \sqrt{(65 \times 90)} = 764,85 \rightarrow 765 \text{ mm}$$

$$BF_{L3} = C \cdot \sqrt{\Delta L \cdot \emptyset} = 10 \cdot \sqrt{(65 \times 90)} = 764,85 \rightarrow 765 \text{ mm}$$

9.2.1.5. Instalación de abrazaderas para instalaciones que permiten la variación de longitud de las tuberías.

A continuación se indican las distancias recomendadas para colocar las abrazaderas deslizantes y evitar la curvatura de la tubería por dilatación, permitiendo que el incremento de longitud se transmita a los brazos de flexión y liras.

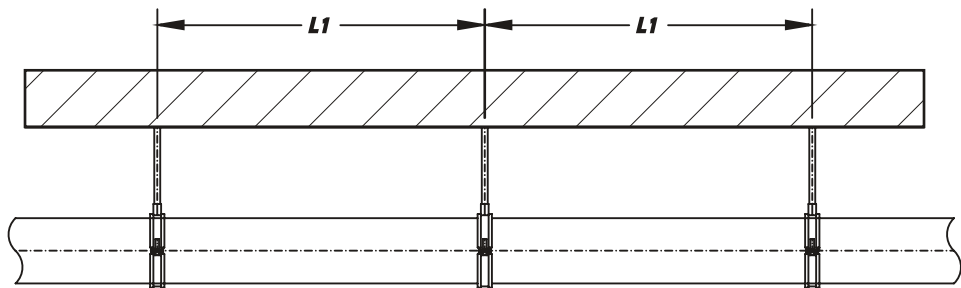
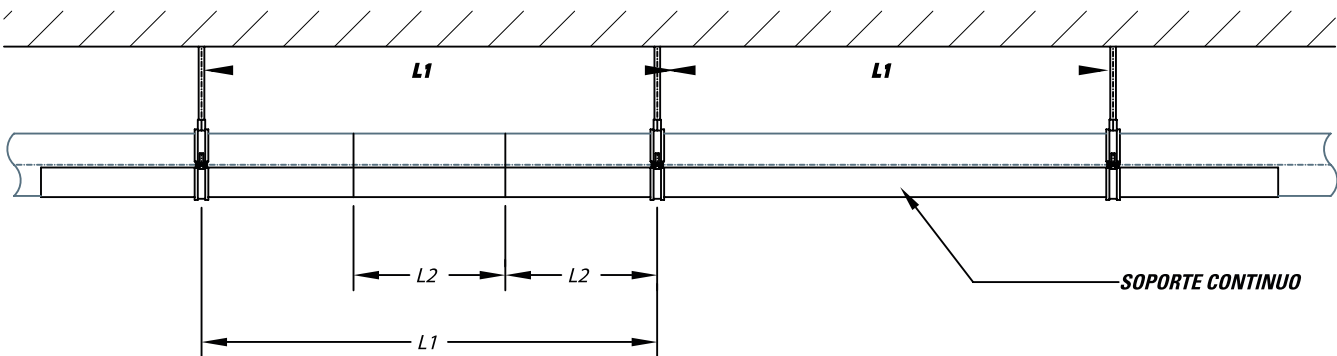


Tabla A: Distancias en L1 para tubos en PB pipe sin media caña

| Diámetro (mm) | Agua Fría L1 (mm) | Agua caliente (60-70 °C) L1 (mm) |
|---------------|-------------------|----------------------------------|
| d16mm | 750 | 400 |
| d20/22mm | 800 | 500 |
| d25/28mm | 850 | 600 |
| d32mm | 1000 | 650 |
| d40mm | 1100 | 800 |
| d50mm | 1250 | 1000 |
| d63mm | 1400 | 1100 |
| d75mm | 1500 | 1200 |
| d90mm | 1650 | 1300 |
| d110mm | 1900 | 1600 |

Para instalaciones verticales, L1 deberá ser multiplicado por 1,3

En el caso de utilizar soportes continuos (media caña) para sujetar la instalación se recomienda lo siguiente:



Soporte continuo con abrazaderas guía que permiten variaciones de longitud por efecto de la temperatura



Distancia máxima recomendada entre abrazaderas y ataduras para la instalación con media caña

| Diámetro exterior del tubo (mm) | Distancia max. entre abrazaderas (L1) mm | Distancia max. entre ataduras (L2) mm |
|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| D20 a D40 | 2000 | 300 |
| D50 a D75 | 2200 | 500 |
| D90 a D160 | 2500 | 600 |

9.2.1.6. Compensación de la variación de longitud con soportes horizontales continuos

Los tubos pueden colocarse sobre soportes continuos horizontales (por ejemplo, bandejas para cables) donde el incremento de longitud se compensa por el serpenteado del tubo. El trazado del mismo debe diseñarse para dejar suficiente espacio para dicho incremento de longitud. El tubo debe fijarse para evitar movimientos verticales del mismo.

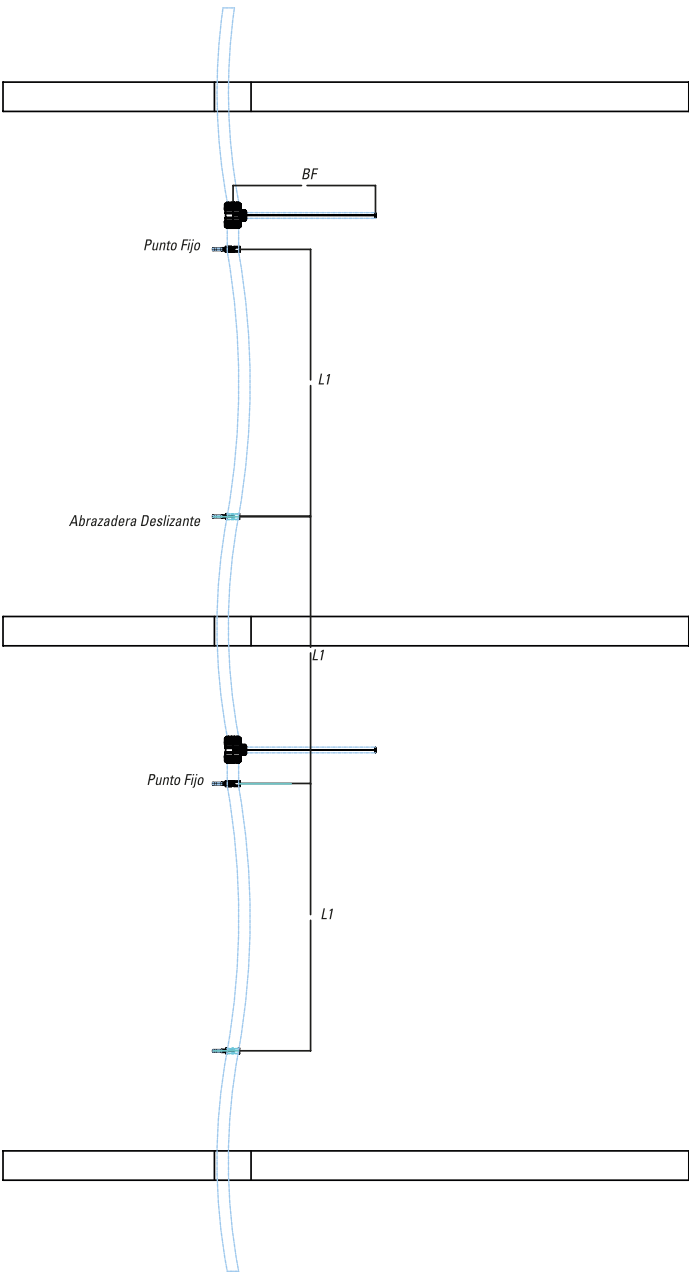
De esta manera, se producen “liras naturales” que absorben las dilataciones. Esta técnica de instalación es posible gracias a la gran flexibilidad de la tubería de PB, que permite “serpentear” la tubería sin ejercer tensiones al material.



9.2.1.7. Instalación de columnas montantes con “liras naturales”

El problema de las dilataciones se agudiza en el caso de la instalación de columnas montantes en edificios de media y gran altura. Normalmente el espacio por donde discurren las tuberías es reducido y se hace complicado poder instalar liras ni brazos de flexión. El PB, debido a su flexibilidad y resistencia, permite la instalación de la tubería sin brazos de flexión ni liras, simplemente dejando que la tubería dilate y serpente. Se instalarán abrazaderas isofónicas completamente apretadas (puntos fijos) en las derivaciones (tes) para evitar la transmisión de esfuerzos al resto de la instalación.

| Ø ext de la derivación (mm) | Longitud del brazo de flexión (BF) recomendado (mm) |
|-----------------------------|---|
| 20 | 200 |
| 25 | 250 |
| 32 | 280 |
| 40 | 300 |
| 50 | 350 |



En cada derivación hay un punto fijo para evitar movimientos.
Se debería dejar un pequeño brazo de flexión en las derivaciones para absorber las curvaturas del tubo y acceso-
rio.



En el caso de utilizar accesorios Push-Fit en la instalación es posible amortiguar las flexiones de las tuberías derivadas debido a que dichos accesorios permiten girar el tubo.



En este caso no haría falta prever brazos de flexión en las derivaciones de la montante.

9.2.2. Instalación de tubos que no permiten variación de su longitud

En ocasiones no es posible instalar un mecanismo para absorber las dilataciones de una instalación (debido a falta de espacio, consideraciones estéticas, etc..) en estos casos el PB representa una enorme ventaja respecto a otros materiales, ya que es posible su instalación con "montaje fijo".

La instalación con "montaje fijo" consiste en instalar la tubería impidiendo su dilatación por medio de puntos fijos y utilizando soporte de acero (medias cañas) para evitar que serpente.

Este tipo de instalación no es apta para cualquier material, ya que las fuerzas de dilatación pueden ser demasiado altas y dañar la tubería e incluso arrancar los anclajes. Sin embargo el PB debido a su gran flexibilidad genera unas tensiones mecánicas mínimas que se absorben sin dañar a la instalación, tal y como se demuestra en la tabla comparativa del apartado 9.1.1.



9.2.2.1 Recomendaciones para la instalación de montaje fijo

- Se colocarán siempre abrazaderas isofónicas apretadas como puntos fijos y media caña de acero acompañando al tubo
- Las medias cañas se deberán solapar por lo menos 25 cm para conseguir una transición rígida
- Entre las abrazaderas se instalaran bridas de plástico (tipo electricista) para evitar que el tubo se levante de la media caña.
- Cuando en el tramo de tubería haya una reducción de diámetro, este punto siempre será un punto fijo.

9.2.2.2 Distancias entre abrazaderas para montaje fijo

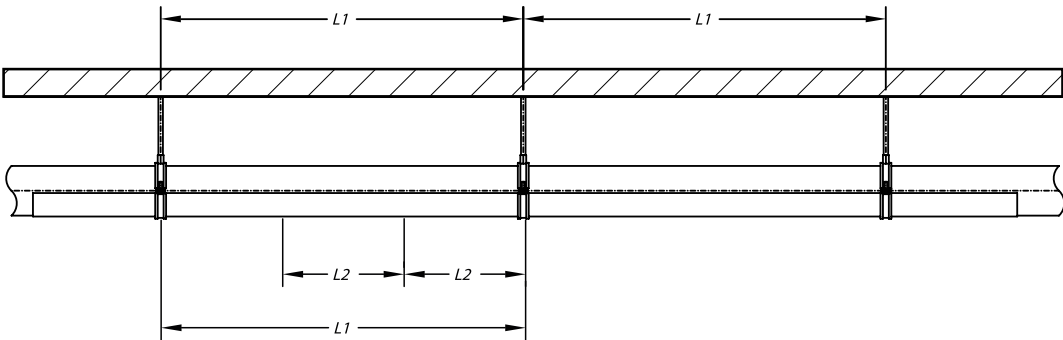


Tabla B: Distancias L1 aplicando la media caña

| Diámetro (mm) | Distancia abrazaderas todas las temperaturas L1 (mm) | Distancia “bridas/cable” L2 (mm) |
|---------------|--|----------------------------------|
| d16 - 40 mm | 2000 | 300 |
| d50 - d63 mm | 2200 | 500 |
| d75 - 110 mm | 2500 | 600 |

NOTA:

Es importante asegurar que las medias cañas no tengan esquinas cortantes

9.2.2.3 Sujeción de abrazaderas

Dado que la instalación de “montaje fijo” transmite parte de las fuerzas de dilatación a los puntos de anclaje, será necesario dimensionar estos correctamente para evitar flexiones e incluso roturas. Las abrazaderas deben estar ancladas correctamente a las paredes o techos utilizando soportes adecuados.

Dependiendo del diámetro de tubería, el rango de temperaturas de trabajo y la distancia hasta la superficie de anclaje, será necesario un soporte más o menos rígido para sujetar las abrazaderas adecuadamente.



Si siguiendo las indicaciones del apartado 9.1.1. podemos calcular los esfuerzos transmitidos por la tubería a los puntos fijos debidos a las dilataciones. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos cuando el incremento de temperatura es de 50°C:

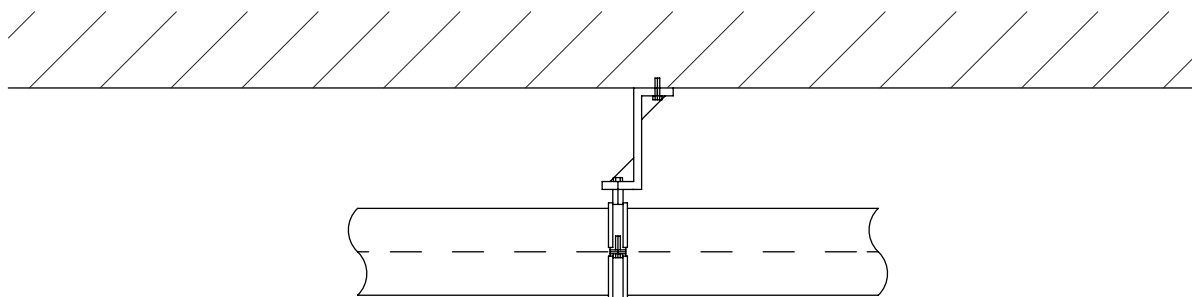
| Tubería de PB | ΔT (°C) | Fuerza transmitida (N) |
|---------------|-----------------|------------------------|
| 15x1.7 | 50 | 208 |
| 16x1.8 | 50 | 235 |
| 20x2.3 | 50 | 374 |
| 22x2 | 50 | 368 |
| 25x2.3 | 50 | 480 |
| 28x2.5 | 50 | 586 |
| 32x2.9 | 50 | 775 |
| 40x3.7 | 50 | 1234 |
| 50x4.6 | 50 | 1919 |
| 63x5.8 | 50 | 3048 |
| 75x6.8 | 50 | 4261 |
| 90x8.2 | 50 | 6164 |
| 110x10 | 50 | 9189 |
| 125x11.4 | 50 | 11900 |
| 160x14.6 | 50 | 19507 |

Se dimensionarán los soportes de acuerdo con los valores de esfuerzo calculados, teniendo en cuenta que un punto fijo no debe desplazarse ni flexar.

La siguiente tabla muestra los diámetros de barra de acero recomendada para sujetar las abrazaderas para cada diámetro de tubería en el caso de instalación con puntos fijos:

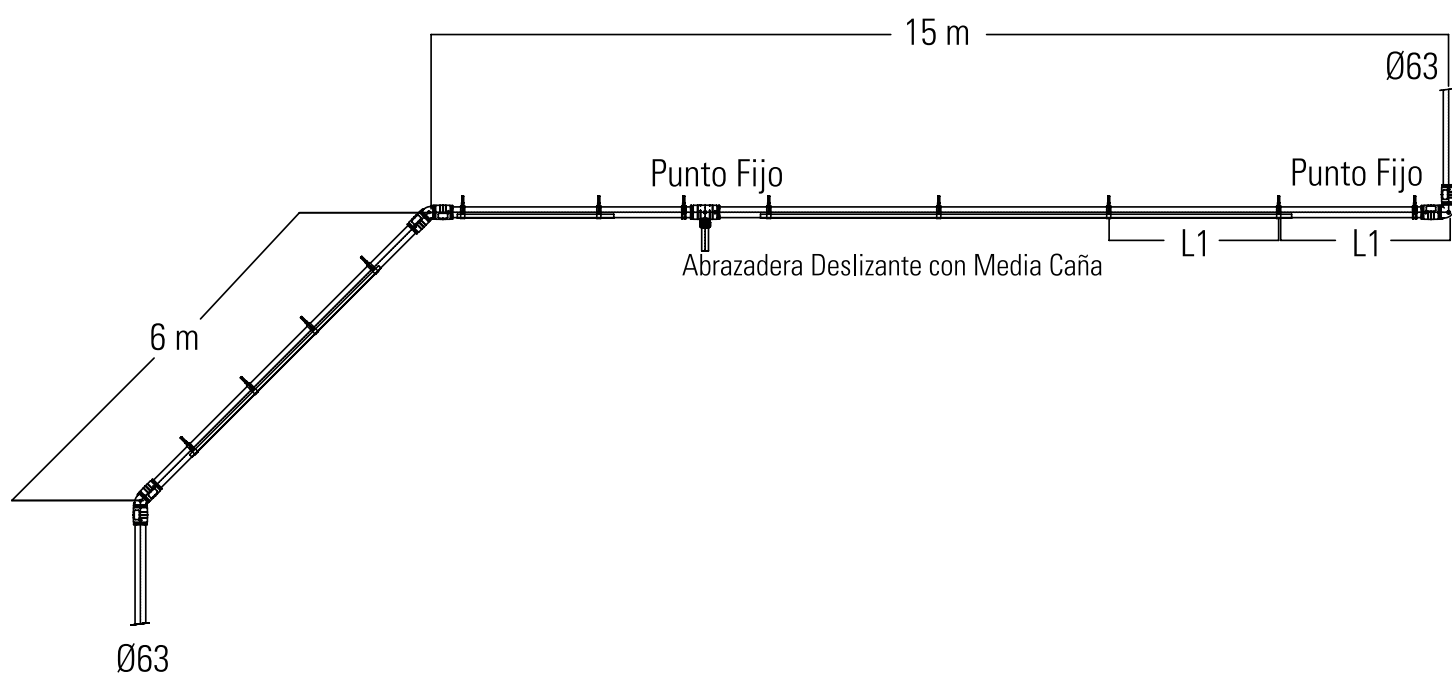
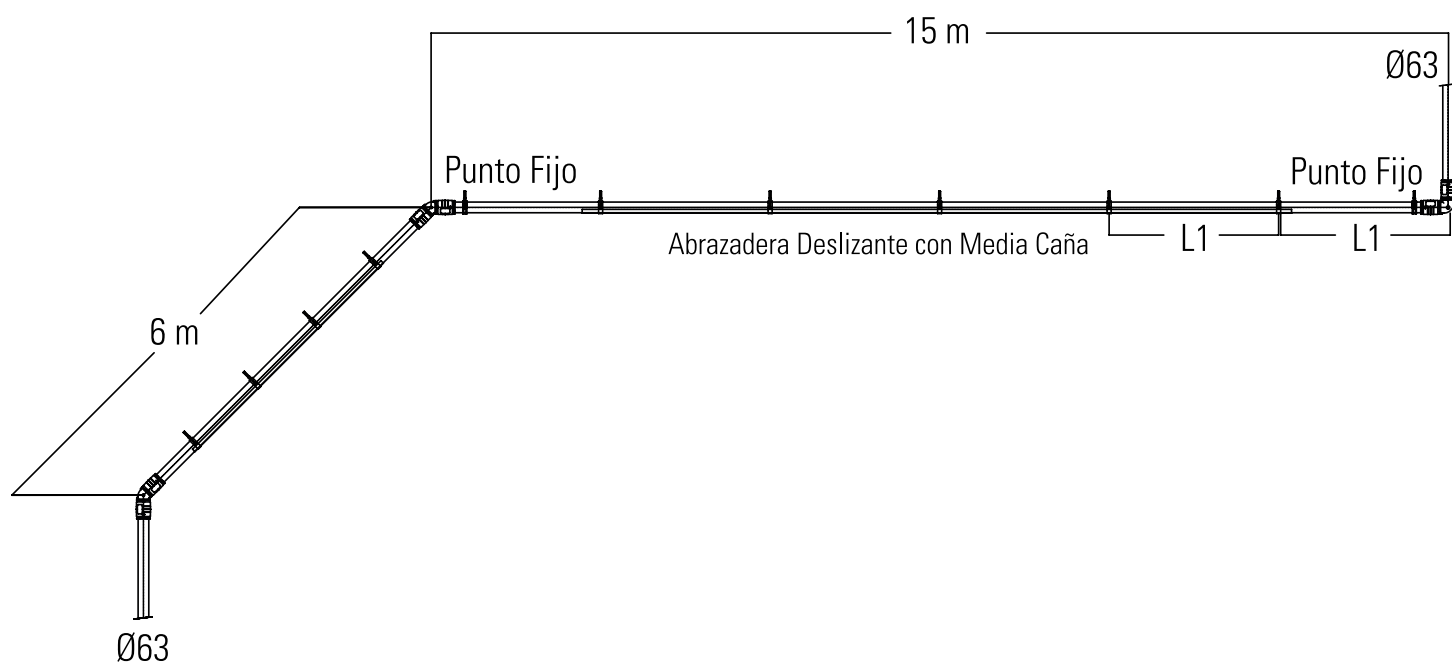
| Distancia a pared o techo (mm) | Diámetros de tubería (mm) | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 22 | 25 | 28 | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 |
| | Diámetro de barra de acero necesario (mm) | | | | | | | | | | |
| 100 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" |
| 150 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" |
| 200 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 3/4" | 3/4" | 3/4" |
| 250 | 10 | 10 | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 3/4" | 3/4" | 1" | 1" |
| 300 | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1" | 1" |

Calculado para una variación de temperatura de 50°C



También se pueden utilizar otro tipo de soportes o perfiles en lugar de barras cilíndricas, sobre todo cuando se amarren tuberías de grandes diámetros a distancias considerables de la pared de anclaje.

9.2.2.4 Ejemplos de montaje fijo





9.3. Selección de método de instalación

A continuación se dan las indicaciones necesarias para elegir el tipo de instalación recomendada en cada situación:

Matriz: Métodos del control de la Dilatación / Contracción

| Tipo de instalación | Brazos de flexión y liras (sin media caña) Vea 6.3/6.4 | Brazos de flexión y liras (con media caña) Vea 6.3/6.4 | Sin brazos de flexión, sin liras y sin media caña (brazos de flexión "naturales") Vea 6.7 | Montaje fijo (siempre con media caña) Vea 6.6 | Por soporte continuo (como ejemplo en bandejas para cables) Vea 6.2 |
|--|---|---|---|---|---|
| Horizontal | | | | | |
| Por falso techo | ✓ (≥ 75mm) | No se recomienda | ✓ (≤ 63mm) | No se recomienda | ✓ |
| "a vista" | ✓ (≥ 75mm) | ✓ | No se recomienda | ✓ *) | ✓ |
| Vertical | | | | | |
| Columnas montantes (<63mm) en patinillos | No es necesario **) | No es necesario **) | ✓ | ✓ *) | |
| Columnas montantes (>75mm) en patinillos | ✓ | | | ✓ *) | |
| Columnas montantes a vista | ✓ (≥ 75mm) | ✓ | | ✓ *) | |

✓ = Aplicación ideal

*) Los Puntos Fijos tienen que estar bien fijados en los tabiques, muros o techo. Estos últimos tienen que aguantar la fuerza de dilatación/contracción. Se trata de un sistema ideal en caso de poco espacio (sin liras) y obtener una instalación estética.

**) Debido a la gran flexibilidad del PB, hasta diámetro 63mm las liras son "naturales", ya que se permite la flexión del tubo entre abrazaderas entre plantas.

Esta matriz solamente muestra típicas situaciones de instalación.

En caso de situaciones complejas por favor contacte nuestro equipo técnico.

10. Tipos de instalaciones y Soluciones Terrain

10. INSTALACIONES

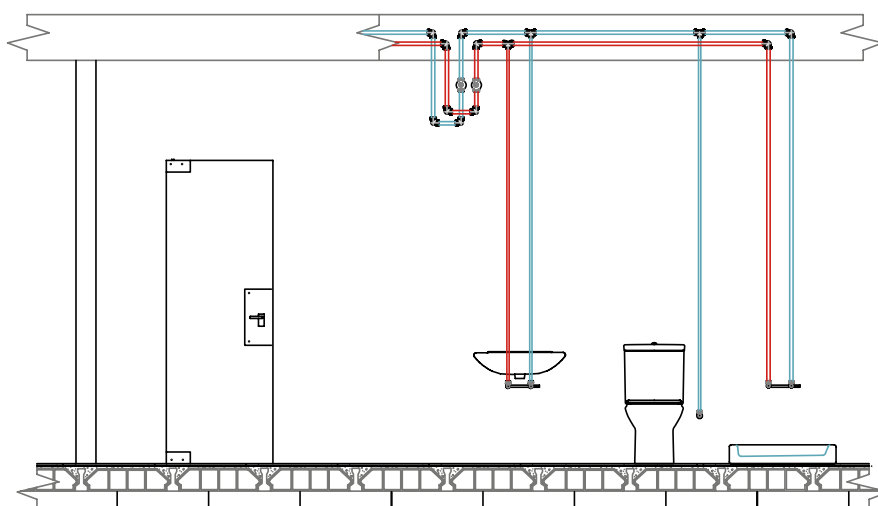
- 10.1. Instalaciones en línea o tradicionales
- 10.2. Instalación de distribución por colectores (tipo araña)
- 10.3. Instalaciones registrables (tubo en tubo)
- 10.4. Instalaciones en tabiquería seca de cartón-yeso
- 10.5. Diámetros grandes





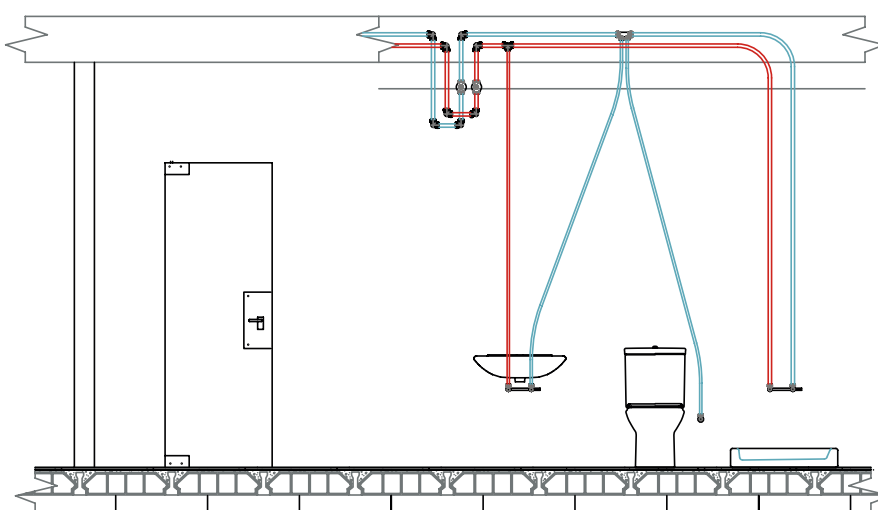
Las ventajas asociadas al sistema de tuberías en Polibutileno Terrain SDP hacen que además de resultar el sistema óptimo en instalaciones de fontanería, permita los más diversos y modernos sistemas de distribución. Su gran flexibilidad, los distintos métodos de unión y el completo catálogo de Nueva Terrain redundan en una gran variedad de posibilidades y soluciones.

10.1. Instalaciones en línea o tradicionales



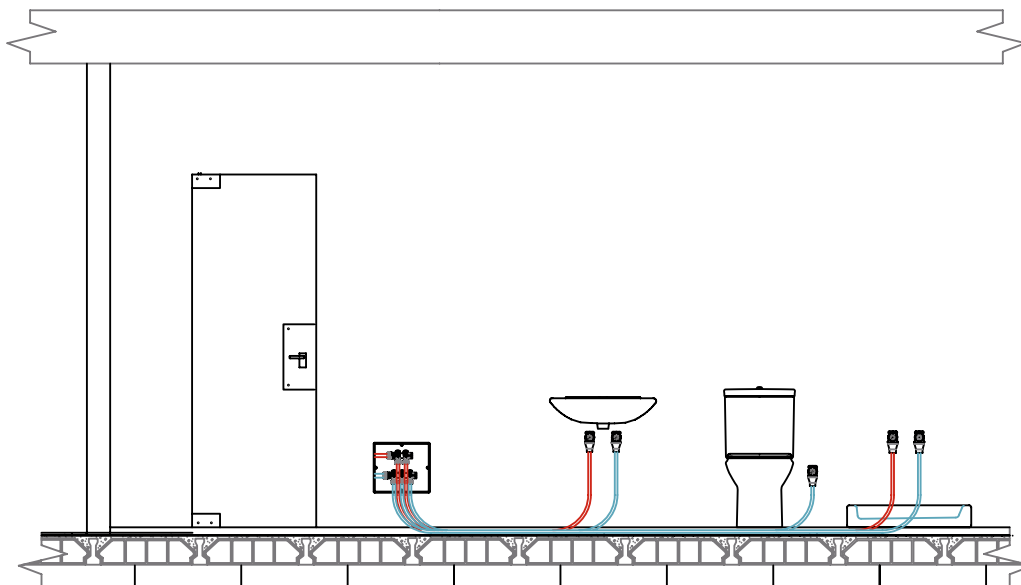
Se trata del método de instalación tradicional, asociado y herencia de los sistemas de tuberías rígidas. La distribución a los aparatos del cuarto húmedo se realiza mediante tes individuales que derivan a cada uno desde la tubería principal. Se trata de un sistema con mayor número de uniones y piezas, por lo general alguna de ellas empotradas, mayores pérdidas de carga localizadas y peor equilibrado hidráulico de los aparatos. Por lo general utiliza menos metros de tubo.

10.2. Instalación de distribución por colectores (tipo araña)



En este caso la distribución a cada aparato del cuarto húmedo se realiza mediante un colector principal que deriva una tubería a cada uno de los aparatos, aprovechando la flexibilidad del tubo de PB. Utiliza menor número de uniones y por tanto resulta más rápido y con menor pérdida de carga. El equilibrado del caudal a cada aparato es óptimo. Utiliza mayor metraje de tubería por instalación, compensado por el menor número de accesorios y uniones.

10.3. Instalaciones registrables (tubo en tubo)



Es una variante de la anterior con la particularidad y ventaja de que no existe ninguna unión oculta y toda la instalación resulta registrable. Consiste en la distribución a partir de un colector registrable, que deriva tubos de PB envainados en tubo coarugado hasta el terminal roscado de cada aparato. Este Terminal tiene un diseño específico de forma que se puede extraer toda la tubería desde el colector hasta el aparato en caso de avería o necesidad de reposición, sin actuación de albañilería. Resulta un sistema similar o equivalente al de la instalación eléctrica de la vivienda.

Accesorios especiales para instalaciones de Tubo en tubo



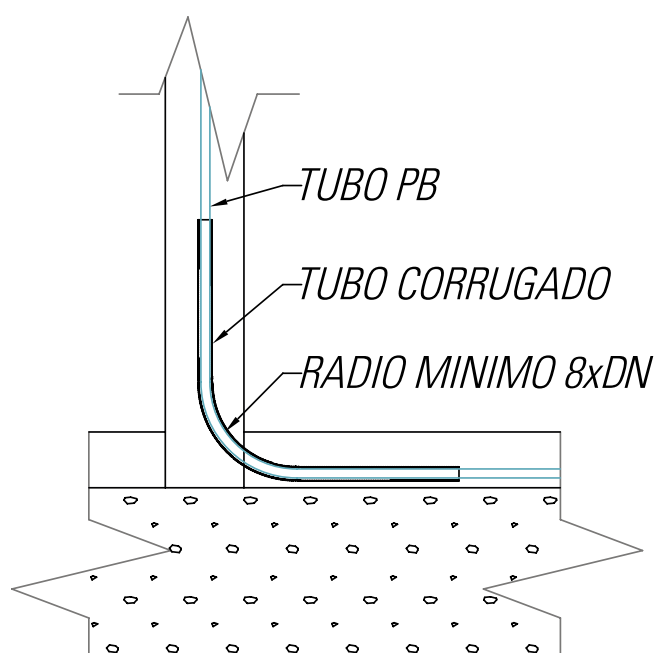
La tubería puede extraerse sin necesidad de realizar obras



Recomendaciones para las instalaciones Tubo en tubo

- Usar el diámetro correcto de tubo coarrugado para asegurar que la tubería de PB desliza por su interior . Nueva Terrain recomienda estos diámetros:

| Diámetro nominal del tubo PB (mm) | Conducto coarrugado | | |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Diámetro nominal (mm) |
| 15 | 28.5 | 22.5 | 23 |
| 16 | 28.5 | 22.5 | 23 |
| 20 | 34.4 | 28.5 | 29 |



- Evitar los radios de curvatura pequeños. Intentar siempre realizar curvas abiertas para ayudar a la inserción del tubo de PB por el interior del tubo coarrugado. Los radios mínimos recomendados son 8xDN del tubo de PB
- Nunca introducir accesorios dentro de los tubos coarrugados. Se debe usar tubería sin cortes desde el colector hasta el accesorio metálico externo especial.
- Los colectores deben instalarse en un lugar accesible.

10.4. Instalaciones en tabiquería seca de cartón-yeso

El sistema cada vez más utilizado de división de viviendas mediante tabiquería seca ha originado una demanda de sistemas de fijación de los terminales a aparatos y llaves de corte cuya respuesta no existía en el mercado. A menudo la solución de fijación que se daba era improvisada y fallida, lo que originaba pérdidas de tiempo y sensación de grifería móvil. Nueva Terrain ha diseñado unas fijaciones específicas y originales que aseguran el anclaje de los elementos, ahorrando tiempo y trabajo, así como presentando unas instalaciones óptimas para su uso.

Los accesorios específicos para las instalaciones de fontanería en paneles de cartón-yeso son los siguientes:

Soportes para codos metálicos terminales y fijación de grifería



Soportes para llaves de paso de esfera



Taco para fijación de tubería en paredes de cartón-Yeso



Instrucciones de instalación

Soporte para codos metálicos terminales y soporte para llaves de esfera



1 Taladre la pared de cartón-yeso.



2 Inserte la pieza para soporte de codos.



3 Atornille las patillas de sujeción.



Existen dos versiones de la pieza de sujeción de codos metálicos:

1. FC.085 Pieza que permite la instalación desde el frente
 2. FC.084 Pieza que necesita ser atornillada desde la parte trasera
- Dependiendo del acceso a la zona de trabajo se utilizará una opción u otra

Taco de fijación en cartón-yeso



Haga un taladro de Ø6mm en la placa de cartón-yeso y atornille el taco.



Introduzca la brida que vamos a utilizar.



Amarre la tubería a la brida.

Con esta pieza Nueva Terrain da una solución a las instalaciones en cartón-yeso para la sujeción de tubos haciendo éstas más limpias, fáciles y de rápida instalación. Permite fijar tuberías de hasta Ø32mm. Se recomienda sujetar la tubería cada 0,5 metros.

Ventajas de estos accesorios específicos

- Soportes adaptables a diferentes espesores de pared
- Óptima sujeción de los elementos (evite la sensación de grifería móvil)
- Instalación sencilla y rápida que ahorra tiempo.
- Presentación inmejorable que facilita el posterior alicatado de las superficies.
- Soportes válidos para diferentes diámetros de accesorios y tubería.

10.5. Diámetros grandes

El sistema Terrain SDP en Polibutileno de diámetros grandes es una solución única en la oferta de sistemas de tuberías. Combina las excelentes cualidades mecánicas del material con la más fiable técnica de unión del mercado, la electrofusión a 40 V. Mediante este sistema está asegurado el suministro de instalaciones de grandes caudales cuya oferta en el mercado resulta escasa por la reducida presión de servicio del resto de sistemas a alta temperatura, o la ausencia de sistemas de unión sencillos o específicos para plásticos de los materiales de mejores calidades.



11. Aislamiento térmico de tuberías

11. AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS

11.1. Recomendaciones para el aislamiento térmico de tuberías





El objetivo de las instalaciones de fontanería y calefacción es suministrar agua a un punto de la vivienda en unas condiciones determinadas. En los puntos de suministro se deben cumplir parámetros de presión, caudal, pureza y temperatura, por lo tanto el aislamiento de las conducciones es fundamental para conseguir un suministro adecuado.

Todo fluido que circula por una tubería intercambia calor con ella y esta a su vez intercambia calor con el ambiente. La cantidad de calor que se intercambia generalmente se expresa en Vatios por metro de tubería (W/m) y depende de varios factores:

- Temperatura del fluido
- Temperatura externa del aire (en general condiciones exteriores)
- Caudal transportado
- Conductividad térmica del material de la tubería y del aislante
- Diámetro de la tubería y del aislante
- Espesor de tubería y capa de aislante

En la mayoría de las situaciones, es necesario aislar térmicamente las tuberías para conseguir un suministro adecuado con las mínimas pérdidas de energía. En cada instalación se debe calcular el espesor de aislante necesario para cumplir las exigencias en cuanto a eficiencia energética y calidad de suministro.

En general los cálculos de transmisión de calor son complejos, aunque existen infinidad de aplicaciones informáticas que resuelven este tipo de problemas de manera sencilla.

La normativa de construcción marca las pautas en cuanto a los aislamientos de tuberías, así RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios) en su apartado IT 1.2.4.2..1.1 – Generalidades, indica lo siguiente:

- Todas la tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:
 - temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran;
 - temperatura mayor que 40°C cuando están instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiendo excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas.

El punto 6 del mismo apartado indica que:

- En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general la que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporta.

A modo de orientación se muestra la potencia que son capaces de transportar las diferentes tuberías de PB Nueva Terrain:

| D exterior (mm) | Espesor (mm) | D interior (mm) | Potencia (Kcal/h) | Potencia (KW) |
|-----------------|--------------|-----------------|-------------------|---------------|
| 15 | 1,7 | 11,6 | 7609 | 9 |
| 16 | 1,8 | 12,4 | 8695 | 10 |
| 20 | 2,3 | 15,4 | 13411 | 16 |
| 22 | 2,0 | 18,0 | 18321 | 21 |
| 25 | 2,3 | 20,4 | 23533 | 27 |
| 28 | 2,5 | 23,0 | 29913 | 35 |
| 32 | 2,9 | 26,2 | 38816 | 45 |
| 40 | 3,7 | 32,6 | 60096 | 70 |
| 50 | 4,6 | 40,8 | 94130 | 109 |
| 63 | 5,8 | 51,4 | 149395 | 173 |
| 75 | 6,8 | 61,4 | 213180 | 247 |
| 90 | 8,2 | 73,6 | 306313 | 354 |
| 110 | 10,0 | 90,0 | 458031 | 530 |
| 125 | 11,4 | 102,2 | 590624 | 683 |
| 160 | 14,6 | 130,8 | 967442 | 1119 |

Parámetros utilizados para los cálculos:

- Velocidad del fluido (agua): 1 m/s
- Salto térmico: 20 °C

La velocidad del fluido podría aumentarse hasta 2 m/s debido a la baja rugosidad de las superficies plásticas, lo que incrementaría el valor de potencia transportada.

11.1 Recomendaciones para el aislamiento térmico de tuberías

• Suministro de agua caliente y calefacción:

- Se recomienda aislar todas las tuberías por donde el fluido está circulando continuamente, como circuitos de calefacción y suministro de agua caliente con recirculación.
- Las tuberías de pequeño diámetro que no tienen fluido en movimiento continuamente no es necesario aislar, como por ejemplo las tuberías suministro de ACS hasta los grifos. Esto es posible debido a que el PB es un material aislante térmico.

• Suministro de agua fría:

- En general se recomienda aislar las tuberías que transportan agua fría para evitar que esta se caliente hasta el punto donde pueda aparecer la legionela. Se tendrán en cuenta los posibles focos térmicos que pueden afectar a las conducciones.
- Respecto a las condensaciones, la tubería de PB no tiene problemas de condensación debido a condición de material aislante.

• Congelación:

- Debido a la flexibilidad del PB, las tuberías son capaces de absorber elásticamente el aumento de volumen del hielo respecto al del agua líquida sin romperse, además el carácter aislante del PB hace que el agua en su interior pierda menos calor que en una tubería metálica, por lo que la congelación será más difícil.
- En este caso no se pueden dar unas recomendaciones generales, ya que todo dependerá del clima de la zona y del grado de exposición de las tuberías. En cada caso el proyectista deberá decidir si aísla o no las tuberías, teniendo en cuenta que aunque el material pueda aguantar sin romperse las congelaciones, estas suponen un corte en el suministro de agua, que en la mayoría de los casos es inadmisible, por lo que se recomienda ser conservador.



12. CONTROL DE CALIDAD

12.1. Certificación AENOR para los tubos de PB

12.2 Certificación AENOR para las accesorios de PB.

12.3. Certificación AENOR del sistema completo de PB.

12.4. Laboratorio y Taller mecánico Nueva Terrain

12.5. Relación de normas de aplicación y legislación

Desde el comienzo de la historia de Terrain siempre ha sido su objetivo ofrecer a sus clientes un producto diferente del que éstos pudieran encontrar en el mercado: versátil, flexible a los problemas de cada instalación particular, duradero, funcional y satisfactorio para el instalador y para los usuarios finales de nuestros productos.



Cuando las palabras “norma” y “calidad” eran todavía conceptos extraños para los clientes del mercado español, Terrain ya los utilizaba como guías para la consecución de su objetivo.

Para conseguir productos de calidad no basta con declarar dicha calidad, es necesario que exista un patrón de contraste. Dicho patrón, que marca las exigencias que deben de cumplir los productos, es la norma. El cumplimiento de estas exigencias marca la calidad pero la garantía máxima que puede tener un cliente es que un organismo independiente certifique ese cumplimiento.

Terrain, en su desarrollo continuo de productos, procesos y controles, se prepara continuamente para el futuro.

Desde el comienzo de la elaboración de las normas europeas participó en los foros internacionales de normalización.

Esto nos permitió conocer desde el primer día las exigencias que Europa iba a plantear y adecuar todos nuestros productos para cumplir la actual norma española.

12.1. Certificación AENOR para los tubos de PB

Los tubos de PB fabricados por Terrain cumplen la norma internacional UNE-EN ISO 15876. Este cumplimiento no está sólo garantizado por Nueva Terrain sino también por AENOR, organismo independiente de normalización y certificación. Para ello nos sometemos a auditorias del sistema de calidad y controles periódicos de los tubos realizados por los servicios técnicos de AENOR. Todo esto permite a Terrain grabar en los tubos la marca de calidad española .

Para conseguir y garantizar esta marca de calidad Terrain desarrolla un plan de control diferenciado en tres apartados generales: control de la materia prima o de recepción, control durante la fabricación o de proceso y control final del producto acabado.

- Toda la materia prima se recibe identificada por lotes, con certificado de calidad para cada lote expedido por el fabricante. Cada lote recepcionado es sometido, antes de su paso al consumo en serie, a ensayos como por ejemplo los de índice de fluidez MFI, de transformación y de ensayo de características del producto terminado.



-Durante la fabricación se realiza, además de un control y registro de los parámetros de producción, un control dimensional exhaustivo del tubo, que comprende:


- Control en continuo, mediante técnicas de láser, de diámetros mínimos, máximos y medios.
 - Control y registro de los mismos diámetros cada hora de fabricación.
 - Control y registro de los espesores mínimos y máximos cada hora de fabricación.
 - Control y registro de longitudes, aspecto y conformidad de grabación cada media hora de fabricación.
- Posteriormente a la fabricación, cuando se ha producido la cristalización del material, se vuelven a medir y a registrar las mismas muestras controladas durante la fabricación, realizándose este control por personal diferente al que lo realizó durante la producción.
- Diariamente se realizan ensayos de comportamiento al calor, ensayos de presión interna a 23° C durante una hora y ensayos de presión interna a 95° C durante 22 horas.

El cumplimiento estricto de todos los pasos anteriores y sólo si sus resultados son conformes a norma permite disponer del producto fabricado para su paso al almacén. Todo el control es realizado y supervisado por personal ajeno a la fabricación y dependiente exclusivamente de la dirección de la empresa.

Con objeto de garantizar el mantenimiento adecuado de los niveles de calidad, se realizan además ensayos de presión interna a 95° C durante 170 horas y 1000 horas y durante 8.760 horas a 110° C. Estos ensayos se llevan a cabo de manera continuada a lo largo de todo el año.

La mayor parte de los controles indicados se realizan con una periodicidad y un grado de exigencia muy superior a la indicada por el propio organismo de certificación, AENOR.

12.2 Certificación AENOR para los accesorios de PB.

Todos los accesorios de PB fabricados por Terrain cumplen la norma española UNE-EN ISO 15876. Al igual que en los tubos, este cumplimiento no está sólo garantizado por Nueva Terrain sino también por AENOR. Para ello nos sometemos a auditorias del sistema de calidad y controles periódicos de todos los accesorios realizados por los servicios técnicos de AENOR. Todo esto permite a Terrain grabar en sus accesorios la marca de calidad española .

Para conseguir y garantizar esta marca de calidad, Terrain desarrolla un plan de control diferenciado en tres apartados generales: control de la materia prima, control durante la fabricación y control final del producto acabado.

- Toda la materia prima se recibe identificada por lotes, con certificado de calidad para cada lote expedido por el fabricante. Cada lote recepcionado es sometido antes de su paso al consumo en serie a ensayos como por ejemplo los de índice de fluidez MFI, porcesabilidad y características del producto terminado.
- Durante la fabricación se realiza, además, un control y registro de los parámetros de producción y un estricto control de pesos.

- Posteriormente a la fabricación se miden muestras seleccionadas de cada cavidad cada ocho horas, lo que implica un control dimensional diario de más de 100 unidades. Este control es realizado por personal diferente al que lo realizó durante la producción y con técnicas de medición por coordenadas.
- Diariamente se realizan ensayos de presión interna a 20° C durante una hora y ensayos de presión interna a 95° C durante 22 horas.

El cumplimiento estricto de todos los pasos anteriores y sólo si sus resultados son conformes a norma permite disponer del producto fabricado para su paso a montaje.

Todo el control es realizado y supervisado por personal ajeno a la fabricación y dependiente exclusivamente de la dirección de la empresa.

- Con objeto de garantizar el mantenimiento adecuado de los niveles de calidad, se realizan además ensayos de presión interna a 95° C durante 170 horas y 1000 horas. Estos ensayos se llevan a cabo de manera continuada a lo largo de todo el año.

Los controles indicados son realizados con una periodicidad y un grado de exigencia muy superior a la indicada por el propio organismo de certificación, AENOR.

12.3. Certificación AENOR del sistema completo de PB.

Como ya hemos indicado en el capítulo 4, tubos y accesorios con elevadas propiedades pero unidos entre sí mediante sistemas de unión poco fiables dan como resultado instalaciones sin futuro. La garantía de la fiabilidad de nuestros sistemas de unión viene nuevamente avalada por AENOR al cumplir todo nuestro sistema la norma UNE-EN ISO 15876.

Las uniones de nuestro sistema son sometidas por nosotros y por laboratorios independientes elegidos por AENOR a los siguientes ensayos:

- Resistencia a la presión interna a 20° C durante una hora, a 95° C durante 22 horas, 170 horas y 1000 horas y a 110° C durante 8760 horas.
- Ensayos de arrancamiento a carga constante a 23° C y 90° C.
- Estanqueidad de las uniones bajo curvatura de los tubos.
- Estanqueidad de las uniones en ciclos térmicos de más de tres meses de duración.
- Estanqueidad de las uniones a ciclos de presión.
- Estanqueidad de las uniones al vacío interior.

Todo este control es realizado y supervisado por personal ajeno a la fabricación y dependiente exclusivamente de la dirección de la empresa y se realizan con una periodicidad y un grado de exigencia muy superior a la indicada por el propio organismo de certificación, AENOR.

La fiabilidad de la unión viene avalada por los referidos numerosos ensayos realizados sobre el sistema de unión llevados a efecto tanto en los laboratorios de Terrain como en otros de carácter independiente (Instituto Eduardo Torroja de la construcción, CEIS, KIWA,...).



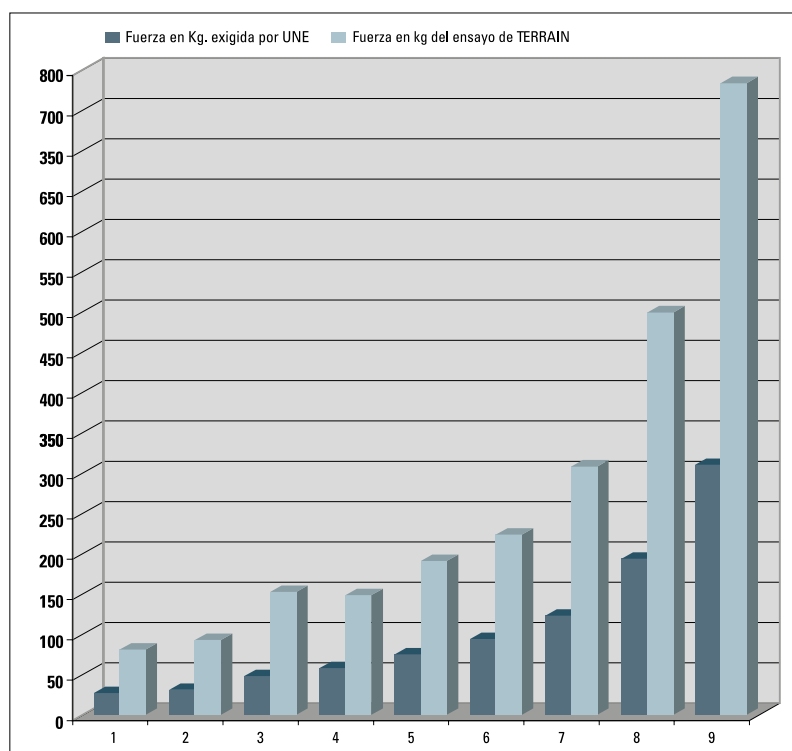
Más allá de los mismos se realizan ensayos complementarios que refuerzan la seguridad de la unión como parte más importante y crítica del sistema. Como ejemplos de esta fiabilidad podríamos destacar:

1. En todos los ensayos de presión interna que se realizan sobre tubos unidos a accesorios, desde 20° C hasta 95° C, los reventamientos provocados siempre se producen en el tubo o en el cuerpo del accesorio pero nunca en la unión entre ambos. Nuestra unión siempre es más resistente que los elementos unidos, no pudiéndose alcanzar nunca la presión de rotura de la unión pues siempre se alcanza antes la del tubo o la del accesorio. Por tanto la instalación final realizada con nuestro sistema de unión mantiene las prestaciones que el PB ofrece como tal material.

2. Se puede dar una idea de la resistencia de las uniones mediante anillo de retención comentando uno de los ensayos que se realizan como control de calidad: el ensayo de pull - out o de arrancamiento. Este ensayo, incluido en la norma UNE-EN ISO 15876, consiste en someter a la unión entre tubo y accesorio a una fuerza de tracción determinada para cada diámetro durante 1 hora a una temperatura de 23° C sin que la unión se separe. Esta fuerza puede consistir simplemente en un peso colgando de la unión que se ensaya. En esta norma se exigen unas fuerzas que deben ser soportadas por las uniones, pero Terrain, que lleva realizando este ensayo mucho antes incluso de que se comenzase la preparación de esa norma, somete sus uniones a fuerzas superiores a las exigidas.

Así por ejemplo:

| DIMENSIONES NOMINALES | FUERZA (kg) EXIGIDA POR UNE-EN ISO 15876 | FUERZA (kg) DE ENSAYO TERRAIN |
|-----------------------|--|-------------------------------|
| (1) 15 x 1.7 | 27 | 81 |
| (2) 16 x 1.8 | 31 | 93 |
| (3) 20 x 2.3 | 48 | 149 |
| (4) 22 x 2.0 | 58 | 145 |
| (5) 25 x 2.3 | 75 | 191 |
| (6) 28 x 2.5 | 94 | 228 |
| (7) 32 x 2.9 | 123 | 308 |
| (8) 40 x 3.7 | 192 | 490 |
| (9) 50 x 4.6 | 301 | 763 |



Como se puede comprobar Terrain ensaya su sistema con unas exigencias del orden de tres veces las contempladas en la norma norma UNE-EN ISO 15876.

3. En una instalación real la presión no es constante, los tubos “sufren” movimientos debidos a dilataciones y contracciones y se producen sobrepresiones debidas a golpes de ariete. Un ensayo de presión interna se realiza siempre a temperatura y presiones constantes y por tanto no contempla las múltiples vicisitudes de una instalación real. Con objeto de simular todos esos hechos Terrain lleva más de 10 años sometiendo su sistema de unión a golpes de ariete controlados.

A temperaturas variables entre 20° C y 45° C se hace circular agua con una presión de 7 bar. durante 3 segundos, seguidamente una presión de 0 bar durante 2 segundos para volver a comenzar el ciclo nuevamente con 7 bar. Los cambios de presión se provocan de modo instantáneo, permitiendo a algunas uniones su libre movimiento y restringiendo el de otras. Así por ejemplo tubos, accesorios y uniones han sido sometidas durante más de 10 millones de ciclos a las condiciones indicadas, lo que implica más de 13.000 horas de ensayo y más de 20 millones de golpes de ariete sin ninguna incidencia en nuestro sistema de unión. (A modo de anécdota podríamos indicar que durante el ensayo se rompieron 3 manómetros y 2 electroválvulas debido a la dureza de la prueba).

12.4. Laboratorio y Taller mecánico Nueva Terrain

Nueva Terrain dispone de un laboratorio propio donde realiza todos los ensayos referidos, con personal específico independiente del departamento de producción, realizando tanto los ensayos de liberación de la fabricación como los de investigación y desarrollo de nuevos productos que actualizan de forma continua nuestro catálogo.

La disponibilidad de este laboratorio, equipado al nivel de los mejores laboratorios específicos del sector, así como la integración dentro de la empresa de un taller mecánico propio para la construcción y mantenimiento de los moldes y útiles de fabricación, aseguran un nivel de calidad de nuestros productos al máximo nivel del mercado, de lo que sin duda se beneficia nuestro cliente final.

12.5. Relación de normas de aplicación y legislación

UNE-EN ISO 15876: Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polibutileno (PB).

UNE-EN 12165: Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos de forja

UNE-EN 805: Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.

UNE-EN 806: Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior del edificio .

UNE-EN 1264: Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes.

UNE-CEN/TR 12108: Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para instalación en el interior de edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano.

UNE 53389 IN: Tubos y accesorios de materiales plásticos. Tabla de clasificación de la resistencia química.


UNE 53959 IN: Plásticos. Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga.

UNE 149201: Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.

UNE-EN ISO 15494: Sistemas de canalización en materiales plásticos para aplicaciones industriales. Polibutileno (PB), polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Especificaciones para componentes y el sistema.



Certificación de Producto - Marca AENOR de producto

La Marca  de AENOR es un marca de conformidad con la correspondiente norma de producto. Con ella se certifica que los productos a los que se les concede superan las evaluaciones y controles que se establecen en los sistemas de certificación, garantizando así al usuario un Producto de Calidad.

“AENOR es miembro constituyente de CEN (Comité Europeo de Normalización) que agrupa a los organismos nacionales de normalización de más de 30 países europeos. Es por ello una marca reconocida internacionalmente y de prestigio por su exigencia y presencia en el mercado.”

Legislación

Las normativa mencionada es voluntaria a no ser que se especifiquen en la legislación nacional, en cuyo caso será de obligatorio cumplimiento.

Seguidamente enumeramos los documentos nacionales legislativos actualmente vigentes.

- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- CPD 89/106/CEE: Directiva Europea de Productos de Construcción.
- Real Decreto 1630/1992 por el que se dictan las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción en aplicación de la directiva 89/106/CEE
- DWD 98/83/CEE: Directiva Europea de Agua Potable.
- Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis.

Marcado CE

Los tubos y accesorios plásticos para la conducción de agua están sujetos a las disposiciones de la Directiva Europea de Productos de Construcción (CPD 89/106/CEE). Las normas armonizadas donde deben recogerse todos los aspectos relativos al cumplimiento de estos productos con las exigencias de dicha directiva aún no han sido implementadas.

Por lo tanto, actualmente los tubos y accesorios plásticos para la conducción de agua no pueden ni deben llevar el Marcado CE.

Una vez sean publicadas estas normas y referenciadas en el Diario Oficial de la Unión Europea se iniciará un periodo de coexistencia de 2 años donde convivirán tubos y accesorios con Marcado CE y sin Marcado CE. Solamente concluido este periodo de tiempo, todos los tubos y accesorios plásticos comercializados en la Unión Europea deberán llevar el Marcado CE.

Para más información pueden consultar la web del Ministerio de Fomento

Anexos:

Anexo 1: Curva de regresión de Polibutileno

Anexo 2: Curvas de regresión de varios materiales a 80°C

Anexo 3: Regla de Miner

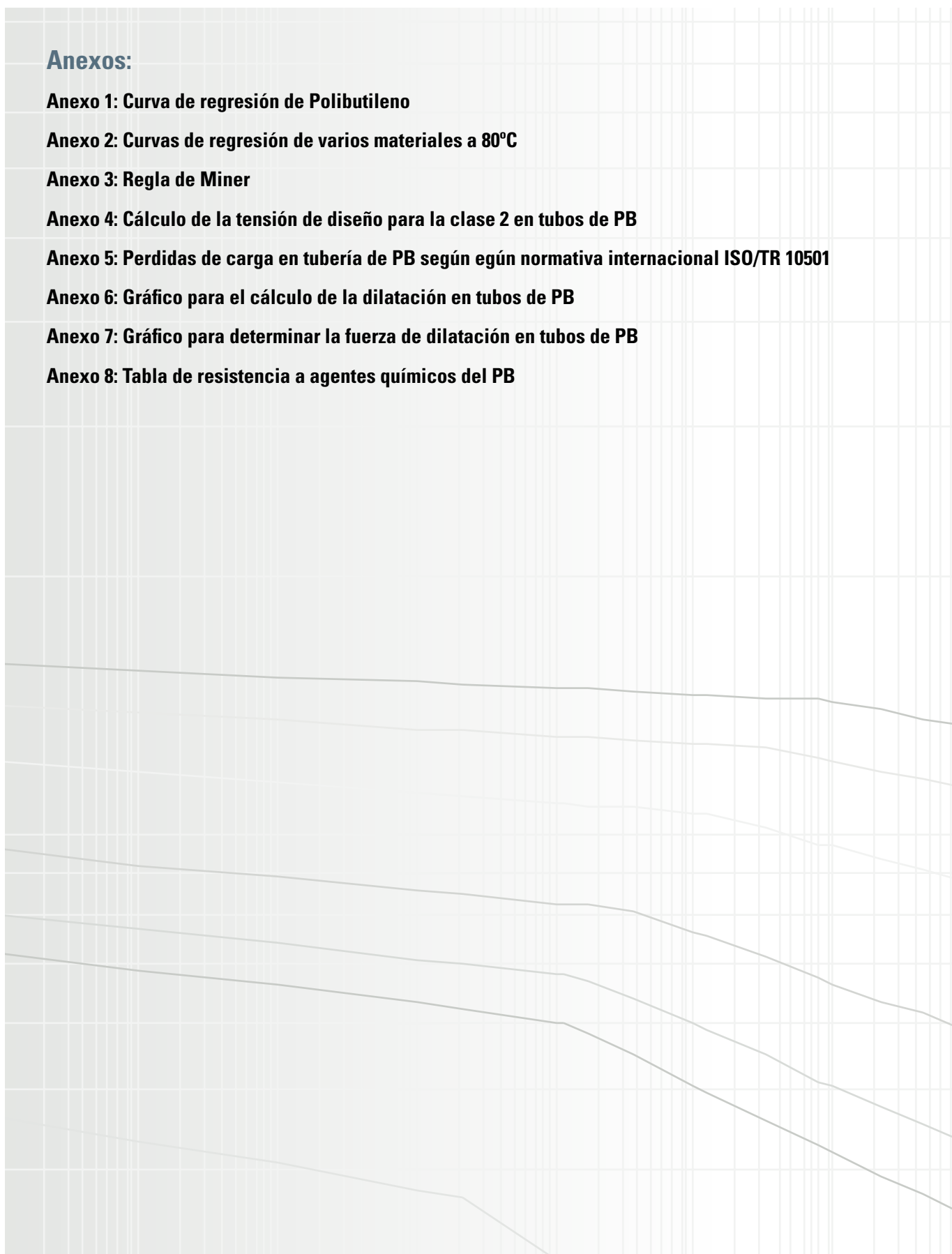
Anexo 4: Cálculo de la tensión de diseño para la clase 2 en tubos de PB

Anexo 5: Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501

Anexo 6: Gráfico para el cálculo de la dilatación en tubos de PB

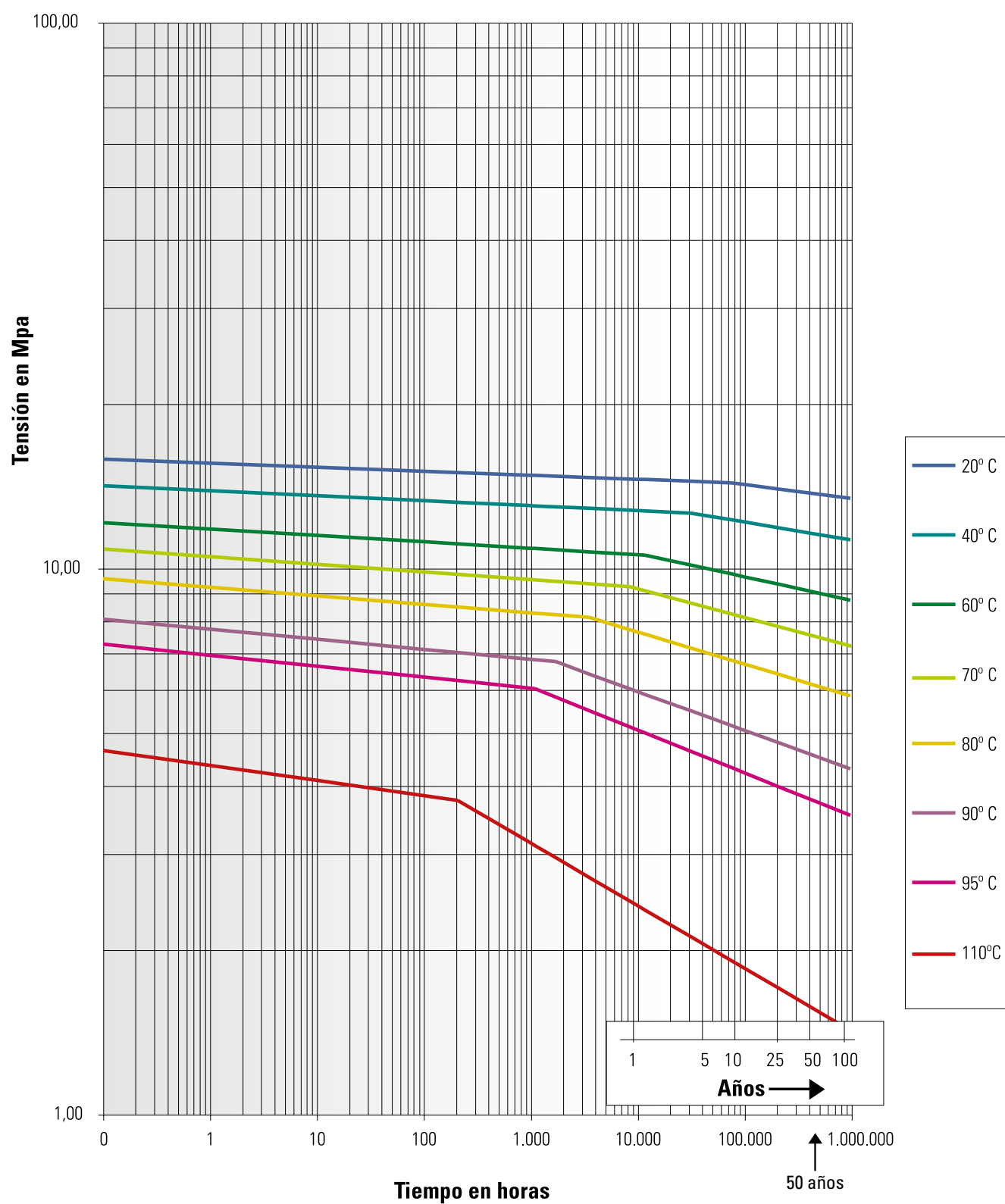
Anexo 7: Gráfico para determinar la fuerza de dilatación en tubos de PB

Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB

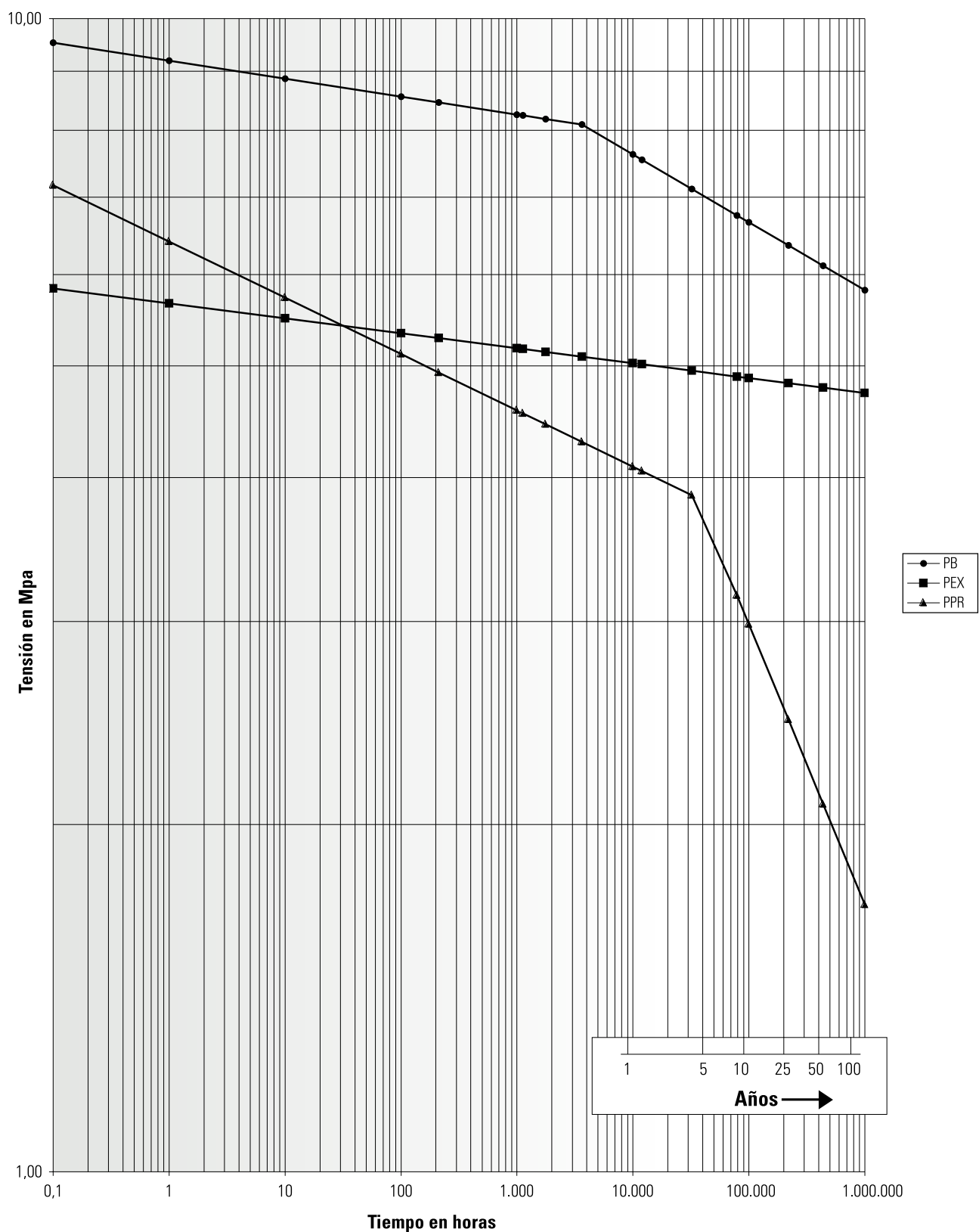




Anexo 1: Curva de regresión de Polibutileno



Anexo 2: Curvas de regresión de varios materiales a 80°C





Anexo 3: Regla de Miner

Se conoce por regla de Miner el método para calcular la máxima tensión permisible aplicable a un tubo expuesto a presiones y temperaturas variables a lo largo de su vida.

Es un método de “daño acumulativo” normalizado en ISO 13760.

El método se basa en las siguientes premisas:

- El daño total que un material (en este caso un tubo) puede sufrir durante un tiempo dado de ataque es constante (100 %).
- Bajo condiciones constantes el daño producido es proporcional a la duración del ataque. El material resistirá hasta que se alcance el 100 % de nivel de daño. Si denominamos a este tiempo t_i (en años) la cantidad de daño ocasionado por año transcurrido es de $100 \% / t_i$. Esta premisa no es sino una regla de proporcionalidad.
- Si el material está expuesto a las condiciones de daño sólo durante una parte del año (por ejemplo un $a_i \%$ de año, en lugar del 100 % del año) el daño anual ya no será $100 \% / t_i$ sino $a_i \% / t_i$.
- Con cantidades de daño de la misma naturaleza pero en condiciones variables (diferentes presiones, temperaturas,...), una detrás de otra, la cantidad total de daño anual será el efecto combinado de las condiciones variables. La regla aditiva presume que las cantidades individuales de daño pueden ser sumadas. Este resultado no es sino daño acumulativo bajo condiciones variables.

Según lo anterior el daño total por año transcurrido será $\sum a_i t_i$, expresado como porcentaje del total de daño permitido. Una vez obtenida esta cifra se calcula el máximo tiempo de vida o de uso como $100 / TDY$, en años.

Anexo 4: Cálculo de la tensión de diseño para la clase 2 en tubos de PB

Las condiciones de servicio de la clase 2 son:

- 49 años (sobre un total de 50) a 70°C , es decir un 98 % del total de vida.
- 1 año (sobre un total de 50) a 80°C , es decir un 2 % del total de vida.
- 100 horas (sobre un total de 50 años) a 95°C , es decir un 0.0228 % del total de vida

Los pasos a seguir son:

- Se comienza por suponer una tensión inicial de cálculo, por ejemplo 5 Mpa.

- Se aplican a dicha tensión los coeficientes de servicio propios del material:

| TEMPERATURA | COEFICIENTES DE SERVICIO | TENSIÓN |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------|
| $T_{op} = 70^{\circ}\text{C}$ | 1.5 | $5 \times 1.5 = 7.5$ |
| $T_{max} = 80^{\circ}\text{C}$ | 1.3 | $5 \times 1.3 = 6.5$ |
| $T_{mal} = 95^{\circ}\text{C}$ | 1.0 | $5 \times 1.0 = 5.0$ |

- Se calcula la vida a cada una de esas tensiones bien sobre la gráfica de la curva de regresión o mejor, con objeto de realiza cálculos reiterados, en las ecuaciones de dichas curvas:

| TENSIÓN | VIDA |
|---------|--------------------|
| 7.5 | 5.5×10^5 |
| 6.5 | 1.4×10^5 |
| 5.0 | 10.5×10^3 |

- Se aplica el porcentaje de utilización a cada una de esas duraciones:

| TENSIÓN | a_i / t_i |
|---------|----------------------|
| 7.5 | 1.8×10^{-4} |
| 6.5 | 1.4×10^{-5} |
| 5.0 | 2.2×10^{-6} |

- Se calcula el valor de TDY como suma de todos los anteriores resultados:

$$\text{TDY} = 1.9 \times 10^{-4}$$

- Finalmente se calcula la vida con la tensión supuesta de 5.0 Mpa:

$$t = 100 / 1.9 \times 10^{-4} = 526316 \text{ horas} = 60 \text{ años.}$$

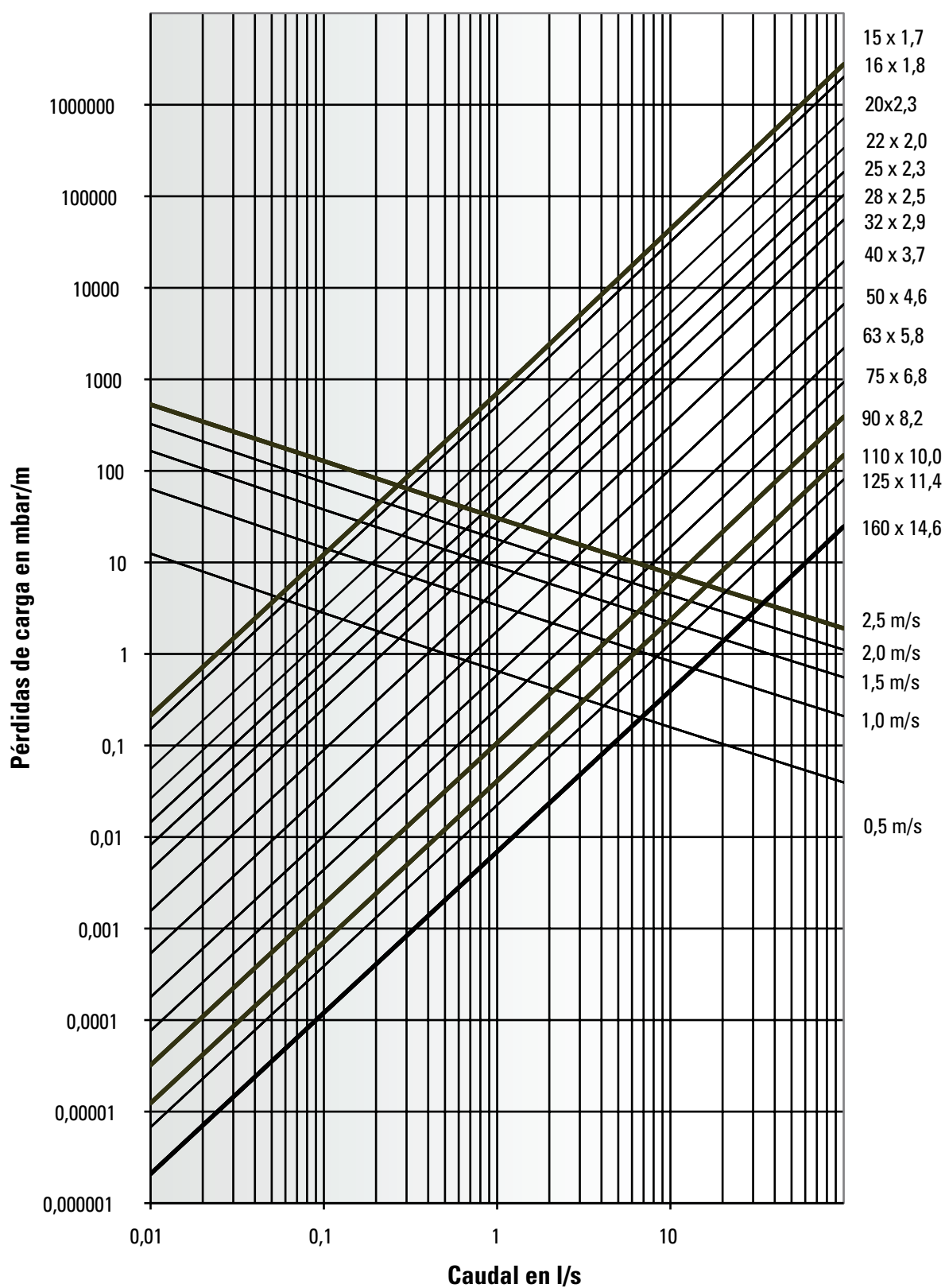
- Como el resultado es superior a los 50 años de diseño, se debe recalcular pero con un valor de tensión algo superior. Si el resultado es inferior a los 50 años, el nuevo cálculo se realizará con una tensión superior.

Así por ejemplo si realizamos el cálculo con una tensión de 5.1 Mpa, la vida que resulta es de 40 años. Mediante reiterados cálculos se llega al valor ya indicado en el apartado 5.3 de un valor de la tensión de diseño de 5.04 Mpa, para la cual la vida resultante es de 50 años, tal y como era el objetivo.



Anexo 5: Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501

Pérdidas de carga en tubería de PB según Colebrook (valor $K = 0,0015$)



Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501

| Unidades: | ΔP : mbar/m | | v: m/s | | | | | | | |
|-----------|---------------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| De (mm) | 15 | | 22 | | 25 | | 28 | | 32 | |
| e (mm) | 1,7 | | 2 | | 2,3 | | 2,5 | | 2,9 | |
| Di (mm) | 11,6 | | 18 | | 20,4 | | 23 | | 26,2 | |
| V (l/m) | 0,11 | | 0,25 | | 0,33 | | 0,42 | | 0,54 | |
| Q (l/s) | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v |
| 0,05 | 3,61 | 0,47 | | | | | | | | |
| 0,06 | 4,98 | 0,57 | | | | | | | | |
| 0,07 | 6,53 | 0,66 | | | | | | | | |
| 0,08 | 8,26 | 0,76 | 1,02 | 0,31 | 0,56 | 0,24 | | | | |
| 0,09 | 10,17 | 0,85 | 1,26 | 0,35 | 0,69 | 0,28 | 0,39 | 0,22 | | |
| 0,1 | 12,24 | 0,95 | 1,51 | 0,39 | 0,83 | 0,31 | 0,47 | 0,24 | | |
| 0,15 | 24,99 | 1,42 | 3,09 | 0,59 | 1,70 | 0,46 | 0,96 | 0,36 | 0,52 | 0,28 |
| 0,2 | 41,46 | 1,89 | 5,12 | 0,79 | 2,82 | 0,61 | 1,59 | 0,48 | 0,86 | 0,37 |
| 0,25 | 61,40 | 2,37 | 7,58 | 0,98 | 4,18 | 0,76 | 2,36 | 0,60 | 1,27 | 0,46 |
| 0,3 | 84,63 | 2,84 | 10,45 | 1,18 | 5,76 | 0,92 | 3,25 | 0,72 | 1,75 | 0,56 |
| 0,35 | 111,01 | 3,31 | 13,71 | 1,38 | 7,56 | 1,07 | 4,27 | 0,84 | 2,30 | 0,65 |
| 0,4 | 140,42 | 3,78 | 17,34 | 1,57 | 9,56 | 1,22 | 5,40 | 0,96 | 2,90 | 0,74 |
| 0,45 | 172,76 | 4,26 | 21,34 | 1,77 | 11,76 | 1,38 | 6,64 | 1,08 | 3,57 | 0,83 |
| 0,5 | 207,96 | 4,73 | 25,69 | 1,96 | 14,16 | 1,53 | 8,00 | 1,20 | 4,30 | 0,93 |
| 0,6 | 286,64 | 5,68 | 35,41 | 2,36 | 19,51 | 1,84 | 11,02 | 1,44 | 5,93 | 1,11 |
| 0,7 | 375,98 | 6,62 | 46,44 | 2,75 | 25,59 | 2,14 | 14,46 | 1,68 | 7,78 | 1,30 |
| 0,8 | | | 58,74 | 3,14 | 32,38 | 2,45 | 18,29 | 1,93 | 9,84 | 1,48 |
| 0,9 | | | 72,27 | 3,54 | 39,83 | 2,75 | 22,50 | 2,17 | 12,11 | 1,67 |
| 1 | | | 87,00 | 3,93 | 47,95 | 3,06 | 27,09 | 2,41 | 14,57 | 1,85 |
| 1,1 | | | 102,89 | 4,32 | 56,71 | 3,37 | 32,04 | 2,65 | 17,23 | 2,04 |
| 1,2 | | | 119,92 | 4,72 | 66,09 | 3,67 | 37,34 | 2,89 | 20,08 | 2,23 |
| 1,3 | | | 138,06 | 5,11 | 76,09 | 3,98 | 42,99 | 3,13 | 23,12 | 2,41 |
| 1,4 | | | 157,29 | 5,50 | 86,69 | 4,28 | 48,98 | 3,37 | 26,34 | 2,60 |
| 1,5 | | | 177,60 | 5,89 | 97,88 | 4,59 | 55,30 | 3,61 | 29,75 | 2,78 |
| 1,6 | | | 198,96 | 6,29 | 109,65 | 4,90 | 61,95 | 3,85 | 33,32 | 2,97 |
| 1,7 | | | 221,37 | 6,68 | 122,00 | 5,20 | 68,93 | 4,09 | 37,08 | 3,15 |
| 1,8 | | | | | 134,91 | 5,51 | 76,22 | 4,33 | 41,00 | 3,34 |
| 1,9 | | | | | 148,38 | 5,81 | 83,83 | 4,57 | 45,09 | 3,52 |
| 2 | | | | | 162,40 | 6,12 | 91,75 | 4,81 | 49,35 | 3,71 |
| 2,2 | | | | | 192,06 | 6,73 | 108,51 | 5,30 | 58,37 | 4,08 |
| 2,4 | | | | | | | 126,46 | 5,78 | 68,03 | 4,45 |
| 2,6 | | | | | | | 145,59 | 6,26 | 78,32 | 4,82 |
| 2,8 | | | | | | | 165,88 | 6,74 | 89,23 | 5,19 |
| 3 | | | | | | | 187,29 | 7,22 | 100,75 | 5,56 |
| 3,2 | | | | | | | 209,82 | 7,70 | 112,87 | 5,94 |
| 3,4 | | | | | | | 235,44 | 8,18 | 125,58 | 6,31 |
| 3,6 | | | | | | | 260,96 | 8,66 | 138,87 | 6,68 |

De → Diámetro exterior de la tubería (mm)

e → Espesor de la tubería (mm)

Di → Diámetro interior de la tubería (mm)

V → Volumen interior por metro de tubería (l/m)

Q → Caudal (l/s)

ΔP → Pérdidas de carga por metro (mbar/m)

v → Velocidad de circulación del agua (m/s)



Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501

| Unidades: | ΔP : mbar/m | | v: m/s | | | | | | | |
|-----------|---------------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| De (mm) | 16 | | 20 | | 25 | | 32 | | 40 | |
| e (mm) | 1,8 | | 2,3 | | 2,3 | | 2,9 | | 3,7 | |
| Di (mm) | 12,4 | | 15,4 | | 20,4 | | 26,2 | | 32,6 | |
| V (l/m) | 0,12 | | 0,19 | | 0,33 | | 0,54 | | 0,83 | |
| Q (l/s) | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v |
| 0,05 | 2,63 | 0,41 | | | | | | | | |
| 0,06 | 3,63 | 0,50 | 1,29 | 0,32 | | | | | | |
| 0,07 | 4,76 | 0,58 | 1,70 | 0,38 | | | | | | |
| 0,08 | 6,02 | 0,66 | 2,15 | 0,43 | 0,56 | 0,24 | | | | |
| 0,09 | 7,40 | 0,75 | 2,64 | 0,48 | 0,69 | 0,28 | | | | |
| 0,1 | 8,91 | 0,83 | 3,18 | 0,54 | 0,83 | 0,31 | | | | |
| 0,15 | 18,19 | 1,24 | 6,49 | 0,81 | 1,70 | 0,46 | 0,517 | 0,28 | 0,183 | 0,18 |
| 0,2 | 30,18 | 1,66 | 10,76 | 1,07 | 2,82 | 0,61 | 0,858 | 0,37 | 0,303 | 0,24 |
| 0,25 | 44,70 | 2,07 | 15,94 | 1,34 | 4,18 | 0,76 | 1,270 | 0,46 | 0,449 | 0,30 |
| 0,3 | 61,61 | 2,48 | 21,97 | 1,61 | 5,76 | 0,92 | 1,751 | 0,56 | 0,619 | 0,36 |
| 0,35 | 80,81 | 2,90 | 28,81 | 1,88 | 7,56 | 1,07 | 2,296 | 0,65 | 0,811 | 0,42 |
| 0,4 | 102,22 | 3,31 | 36,45 | 2,15 | 9,56 | 1,22 | 2,905 | 0,74 | 1,026 | 0,48 |
| 0,45 | 125,77 | 3,73 | 44,84 | 2,42 | 11,76 | 1,38 | 3,574 | 0,83 | 1,263 | 0,54 |
| 0,5 | 151,40 | 4,14 | 53,98 | 2,68 | 14,16 | 1,53 | 4,302 | 0,93 | 1,520 | 0,60 |
| 0,6 | 208,68 | 4,97 | 74,40 | 3,22 | 19,51 | 1,84 | 5,930 | 1,11 | 2,095 | 0,72 |
| 0,7 | 273,72 | 5,80 | 97,59 | 3,76 | 25,59 | 2,14 | 7,778 | 1,30 | 2,748 | 0,84 |
| 0,8 | 346,23 | 6,62 | 123,44 | 4,29 | 32,38 | 2,45 | 9,839 | 1,48 | 3,476 | 0,96 |
| 0,9 | | | 151,87 | 4,83 | 39,83 | 2,75 | 12,105 | 1,67 | 4,277 | 1,08 |
| 1 | | | 182,82 | 5,37 | 47,95 | 3,06 | 14,571 | 1,85 | 5,149 | 1,20 |
| 1,1 | | | 216,21 | 5,91 | 56,71 | 3,37 | 17,233 | 2,04 | 6,089 | 1,32 |
| 1,2 | | | 251,99 | 6,44 | 66,09 | 3,67 | 20,084 | 2,23 | 7,097 | 1,44 |
| 1,3 | | | 290,11 | 6,98 | 76,09 | 3,98 | 23,123 | 2,41 | 8,170 | 1,56 |
| 1,4 | | | | | 86,69 | 4,28 | 26,344 | 2,60 | 9,309 | 1,68 |
| 1,5 | | | | | 97,88 | 4,59 | 29,746 | 2,78 | 10,510 | 1,80 |
| 1,6 | | | | | 109,65 | 4,90 | 33,324 | 2,97 | 11,775 | 1,92 |
| 1,7 | | | | | 122,00 | 5,20 | 37,076 | 3,15 | 13,101 | 2,04 |
| 1,8 | | | | | 134,91 | 5,51 | 41,000 | 3,34 | 14,487 | 2,16 |
| 1,9 | | | | | 148,38 | 5,81 | 45,093 | 3,52 | 15,933 | 2,28 |
| 2 | | | | | 162,40 | 6,12 | 49,353 | 3,71 | 17,439 | 2,40 |
| 2,2 | | | | | 192,06 | 6,73 | 58,367 | 4,08 | 20,624 | 2,64 |
| 2,4 | | | | | | | 68,026 | 4,45 | 24,037 | 2,88 |
| 2,6 | | | | | | | 78,317 | 4,82 | 27,673 | 3,11 |
| 2,8 | | | | | | | 89,228 | 5,19 | 31,528 | 3,35 |
| 3 | | | | | | | 100,748 | 5,56 | 35,599 | 3,59 |
| 3,2 | | | | | | | 112,867 | 5,94 | 39,881 | 3,83 |
| 3,4 | | | | | | | 125,575 | 6,31 | 44,371 | 4,07 |
| 3,6 | | | | | | | 138,865 | 6,68 | 49,067 | 4,31 |
| 3,8 | | | | | | | | | 53,966 | 4,55 |
| 4 | | | | | | | | | 59,064 | 4,79 |
| 4,2 | | | | | | | | | 64,360 | 5,03 |
| 4,4 | | | | | | | | | 69,852 | 5,27 |
| 4,6 | | | | | | | | | 75,536 | 5,51 |
| 4,8 | | | | | | | | | 82,093 | 5,75 |
| 5 | | | | | | | | | 88,352 | 5,99 |
| 5,5 | | | | | | | | | 104,888 | 6,59 |

De → Diámetro exterior de la tubería (mm)

e → Espesor de la tubería (mm)

Di → Diámetro interior de la tubería (mm)

V → Volumen interior por metro de tubería (l/m)

Q → Caudal (l/s)

ΔP → Pérdidas de carga por metro (mbar/m)

v → Velocidad de circulación del agua (m/s)

Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501

| Unidades: | | ΔP : mbar/m | | v: m/s | | | | | | | |
|-----------|--|---------------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| De (mm) | | 16 | | 20 | | 25 | | 32 | | 40 | |
| e (mm) | | 2,2 | | 2,3 | | 2,3 | | 2,9 | | 3,7 | |
| Di (mm) | | 11,6 | | 15,4 | | 20,4 | | 26,2 | | 32,6 | |
| V (l/m) | | 0,11 | | 0,19 | | 0,33 | | 0,54 | | 0,83 | |
| Q (l/s) | | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v |
| 0,05 | | 3,61 | 0,47 | | | | | | | | |
| 0,06 | | 4,98 | 0,57 | 1,29 | 0,32 | | | | | | |
| 0,07 | | 6,53 | 0,66 | 1,70 | 0,38 | | | | | | |
| 0,08 | | 8,26 | 0,76 | 2,15 | 0,43 | 0,56 | 0,24 | | | | |
| 0,09 | | 10,17 | 0,85 | 2,64 | 0,48 | 0,69 | 0,28 | | | | |
| 0,1 | | 12,24 | 0,95 | 3,18 | 0,54 | 0,83 | 0,31 | | | | |
| 0,15 | | 24,99 | 1,42 | 6,49 | 0,81 | 1,70 | 0,46 | 0,52 | 0,28 | | |
| 0,2 | | 41,46 | 1,89 | 10,76 | 1,07 | 2,82 | 0,61 | 0,86 | 0,37 | 0,30 | 0,24 |
| 0,25 | | 61,40 | 2,37 | 15,94 | 1,34 | 4,18 | 0,76 | 1,27 | 0,46 | 0,45 | 0,30 |
| 0,3 | | 84,63 | 2,84 | 21,97 | 1,61 | 5,76 | 0,92 | 1,75 | 0,56 | 0,62 | 0,36 |
| 0,35 | | 111,01 | 3,31 | 28,81 | 1,88 | 7,56 | 1,07 | 2,30 | 0,65 | 0,81 | 0,42 |
| 0,4 | | 140,42 | 3,78 | 36,45 | 2,15 | 9,56 | 1,22 | 2,90 | 0,74 | 1,03 | 0,48 |
| 0,45 | | 172,76 | 4,26 | 44,84 | 2,42 | 11,76 | 1,38 | 3,57 | 0,83 | 1,26 | 0,54 |
| 0,5 | | 207,96 | 4,73 | 53,98 | 2,68 | 14,16 | 1,53 | 4,30 | 0,93 | 1,52 | 0,60 |
| 0,6 | | 286,64 | 5,68 | 74,40 | 3,22 | 19,51 | 1,84 | 5,93 | 1,11 | 2,10 | 0,72 |
| 0,7 | | | 6,62 | 97,59 | 3,76 | 25,59 | 2,14 | 7,78 | 1,30 | 2,75 | 0,84 |
| 0,8 | | | | 123,44 | 4,29 | 32,38 | 2,45 | 9,84 | 1,48 | 3,48 | 0,96 |
| 0,9 | | | | 151,87 | 4,83 | 39,83 | 2,75 | 12,11 | 1,67 | 4,28 | 1,08 |
| 1 | | | | 182,82 | 5,37 | 47,95 | 3,06 | 14,57 | 1,85 | 5,15 | 1,20 |
| 1,1 | | | | 216,21 | 5,91 | 56,71 | 3,37 | 17,23 | 2,04 | 6,09 | 1,32 |
| 1,2 | | | | 251,99 | 6,44 | 66,09 | 3,67 | 20,08 | 2,23 | 7,10 | 1,44 |
| 1,3 | | | | 290,11 | 6,98 | 76,09 | 3,98 | 23,12 | 2,41 | 8,17 | 1,56 |
| 1,4 | | | | | | 86,69 | 4,28 | 26,34 | 2,60 | 9,31 | 1,68 |
| 1,5 | | | | | | 97,88 | 4,59 | 29,75 | 2,78 | 10,51 | 1,80 |
| 1,6 | | | | | | 109,65 | 4,90 | 33,32 | 2,97 | 11,77 | 1,92 |
| 1,7 | | | | | | 122,00 | 5,20 | 37,08 | 3,15 | 13,10 | 2,04 |
| 1,8 | | | | | | 134,91 | 5,51 | 41,00 | 3,34 | 14,49 | 2,16 |
| 1,9 | | | | | | 148,38 | 5,81 | 45,09 | 3,52 | 15,93 | 2,28 |
| 2 | | | | | | 162,40 | 6,12 | 49,35 | 3,71 | 17,44 | 2,40 |
| 2,2 | | | | | | 192,06 | 6,73 | 58,37 | 4,08 | 20,62 | 2,64 |
| 2,4 | | | | | | | | 68,03 | 4,45 | 24,04 | 2,88 |
| 2,6 | | | | | | | | 78,32 | 4,82 | 27,67 | 3,11 |
| 2,8 | | | | | | | | 89,23 | 5,19 | 31,53 | 3,35 |
| 3 | | | | | | | | 100,75 | 5,56 | 35,60 | 3,59 |
| 3,2 | | | | | | | | 112,87 | 5,94 | 39,88 | 3,83 |
| 3,4 | | | | | | | | 125,58 | 6,31 | 44,37 | 4,07 |
| 3,6 | | | | | | | | 138,87 | 6,68 | 49,07 | 4,31 |
| 3,8 | | | | | | | | 152,73 | 7,05 | 53,97 | 4,55 |
| 4 | | | | | | | | 168,80 | 7,42 | 59,06 | 4,79 |
| 4,2 | | | | | | | | 184,30 | 7,79 | 64,36 | 5,03 |
| 4,4 | | | | | | | | 200,39 | 8,16 | 69,85 | 5,27 |
| 4,6 | | | | | | | | | | 75,54 | 5,51 |
| 4,8 | | | | | | | | | | 82,09 | 5,75 |
| 5 | | | | | | | | | | 88,35 | 5,99 |
| 5,5 | | | | | | | | | | 104,89 | 6,59 |

De → Diámetro exterior de la tubería (mm)
e → Espesor de la tubería (mm)
Di → Diámetro interior de la tubería (mm)
V → Volumen interior por metro de tubería (l/m)

Q → Caudal (l/s)
 ΔP → Pérdidas de carga por metro (mbar/m)
v → Velocidad de circulación del agua (m/s)



Pérdidas de carga en tubería de PB según normativa internacional ISO/TR 10501

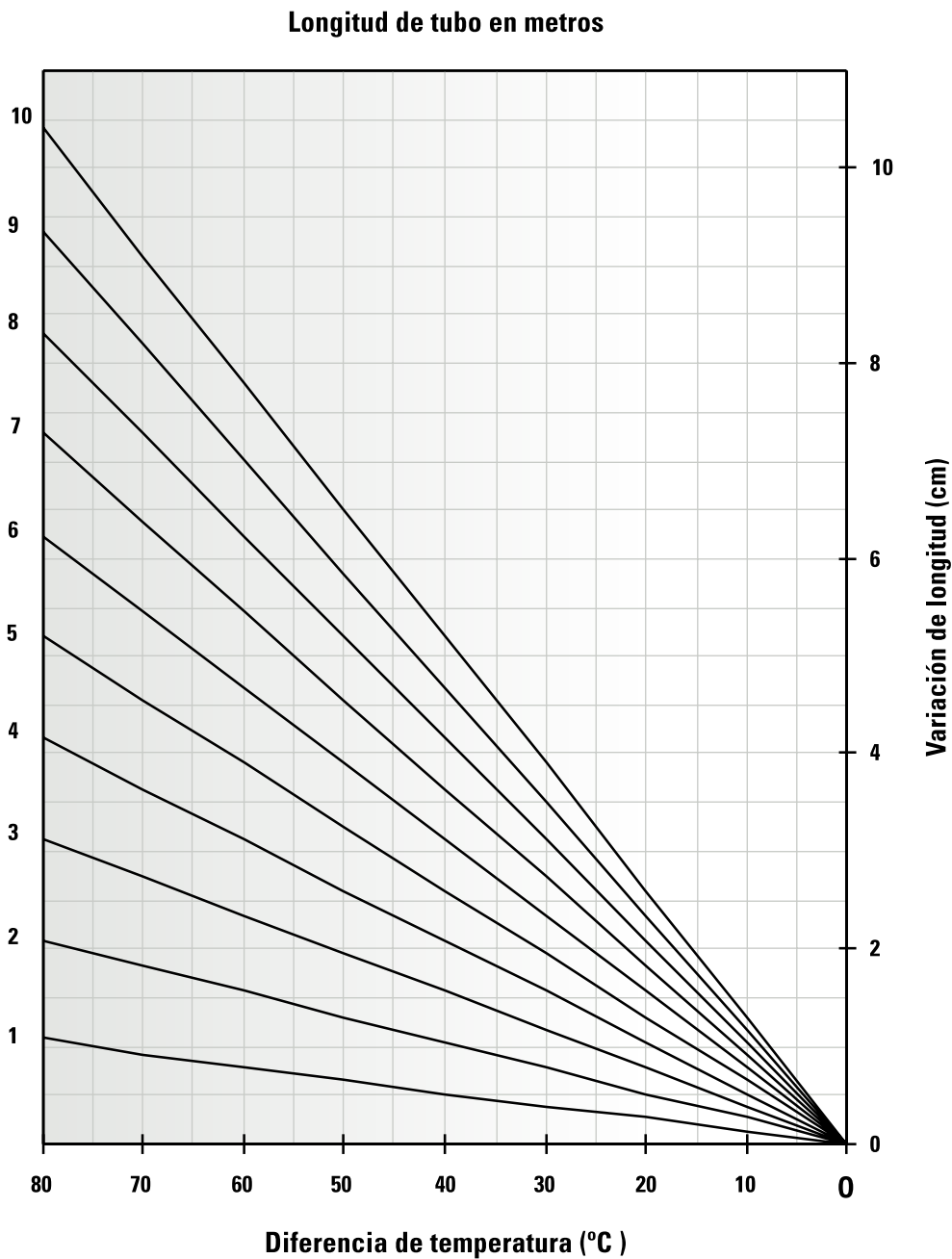
Unidades: ΔP : mbar/m v : m/s

| De (mm) | 50 | | 63 | | 75 | | 90 | | 110 | | 125 | | 160 | |
|---------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
| e (mm) | 4,6 | | 5,8 | | 6,8 | | 8,2 | | 10 | | 11,4 | | 14,6 | |
| Di (mm) | 40,8 | | 51,4 | | 61,4 | | 73,6 | | 90 | | 102,2 | | 130,8 | |
| V (l/m) | 1,31 | | 2,07 | | 2,96 | | 4,25 | | 6,36 | | 8,20 | | 13,44 | |
| Q (l/s) | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v | ΔP | v |
| 0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,3 | 0,21 | 0,23 | | | | | | | | | | | | |
| 0,4 | 0,35 | 0,31 | 0,12 | 0,19 | | | | | | | | | | |
| 0,5 | 0,52 | 0,38 | 0,17 | 0,24 | | | | | | | | | | |
| 0,6 | 0,72 | 0,46 | 0,24 | 0,29 | 0,10 | 0,20 | | | | | | | | |
| 0,7 | 0,94 | 0,54 | 0,31 | 0,34 | 0,13 | 0,24 | | | | | | | | |
| 0,8 | 1,19 | 0,61 | 0,40 | 0,39 | 0,17 | 0,27 | 0,07 | 0,19 | | | | | | |
| 0,9 | 1,47 | 0,69 | 0,49 | 0,43 | 0,21 | 0,30 | 0,09 | 0,21 | | | | | | |
| 1 | 1,77 | 0,76 | 0,59 | 0,48 | 0,25 | 0,34 | 0,11 | 0,24 | | | | | | |
| 1,5 | 3,61 | 1,15 | 1,20 | 0,72 | 0,52 | 0,51 | 0,22 | 0,35 | 0,08 | 0,24 | | | | |
| 2 | 5,99 | 1,53 | 2,00 | 0,96 | 0,86 | 0,68 | 0,36 | 0,47 | 0,14 | 0,31 | | | | |
| 2,5 | 8,88 | 1,91 | 2,96 | 1,20 | 1,27 | 0,84 | 0,54 | 0,59 | 0,21 | 0,39 | 0,11 | 0,30 | 0,03 | 0,19 |
| 3 | 12,24 | 2,29 | 4,08 | 1,45 | 1,75 | 1,01 | 0,74 | 0,71 | 0,28 | 0,47 | 0,15 | 0,37 | 0,05 | 0,22 |
| 3,5 | 16,05 | 2,68 | 5,35 | 1,69 | 2,29 | 1,18 | 0,97 | 0,82 | 0,37 | 0,55 | 0,20 | 0,43 | 0,06 | 0,26 |
| 4 | 20,30 | 3,06 | 6,76 | 1,93 | 2,90 | 1,35 | 1,22 | 0,94 | 0,47 | 0,63 | 0,26 | 0,49 | 0,08 | 0,30 |
| 4,5 | 24,98 | 3,44 | 8,32 | 2,17 | 3,57 | 1,52 | 1,51 | 1,06 | 0,58 | 0,71 | 0,32 | 0,55 | 0,10 | 0,33 |
| 5 | 30,06 | 3,82 | 10,01 | 2,41 | 4,30 | 1,69 | 1,81 | 1,18 | 0,70 | 0,79 | 0,38 | 0,61 | 0,12 | 0,37 |
| 6 | 41,78 | 4,59 | 13,80 | 2,89 | 5,92 | 2,03 | 2,50 | 1,41 | 0,96 | 0,94 | 0,52 | 0,73 | 0,16 | 0,45 |
| 7 | 55,15 | 5,35 | 18,11 | 3,37 | 7,77 | 2,36 | 3,28 | 1,65 | 1,26 | 1,10 | 0,69 | 0,85 | 0,21 | 0,52 |
| 8 | 70,13 | 6,12 | 23,14 | 3,86 | 9,83 | 2,70 | 4,15 | 1,88 | 1,59 | 1,26 | 0,87 | 0,98 | 0,27 | 0,60 |
| 9 | 86,69 | 6,88 | 28,61 | 4,34 | 12,19 | 3,04 | 5,10 | 2,12 | 1,96 | 1,41 | 1,07 | 1,10 | 0,33 | 0,67 |
| 10 | | | 34,59 | 4,82 | 14,73 | 3,38 | 6,14 | 2,35 | 2,36 | 1,57 | 1,29 | 1,22 | 0,40 | 0,74 |
| 11 | | | 41,06 | 5,30 | 17,49 | 3,72 | 7,33 | 2,59 | 2,79 | 1,73 | 1,52 | 1,34 | 0,47 | 0,82 |
| 12 | | | 48,02 | 5,78 | 20,46 | 4,05 | 8,57 | 2,82 | 3,25 | 1,89 | 1,77 | 1,46 | 0,55 | 0,89 |
| 13 | | | 55,46 | 6,27 | 23,63 | 4,39 | 9,90 | 3,06 | 3,74 | 2,04 | 2,04 | 1,58 | 0,63 | 0,97 |
| 14 | | | 63,38 | 6,75 | 27,00 | 4,73 | 11,31 | 3,29 | 4,31 | 2,20 | 2,33 | 1,71 | 0,72 | 1,04 |
| 15 | | | | | 30,57 | 5,07 | 12,81 | 3,53 | 4,88 | 2,36 | 2,65 | 1,83 | 0,81 | 1,12 |
| 16 | | | | | 34,33 | 5,40 | 14,39 | 3,76 | 5,48 | 2,52 | 2,98 | 1,95 | 0,91 | 1,19 |
| 18 | | | | | 42,44 | 6,08 | 17,78 | 4,23 | 6,77 | 2,83 | 3,68 | 2,19 | 1,12 | 1,34 |
| 20 | | | | | 51,31 | 6,75 | 21,50 | 4,70 | 8,18 | 3,14 | 4,45 | 2,44 | 1,36 | 1,49 |
| 22 | | | | | | | 25,52 | 5,17 | 9,72 | 3,46 | 5,28 | 2,68 | 1,61 | 1,64 |
| 24 | | | | | | | 29,85 | 5,64 | 11,36 | 3,77 | 6,17 | 2,93 | 1,89 | 1,79 |
| 26 | | | | | | | 34,47 | 6,11 | 13,13 | 4,09 | 7,13 | 3,17 | 2,18 | 1,93 |
| 28 | | | | | | | 39,39 | 6,58 | 15,00 | 4,40 | 8,15 | 3,41 | 2,49 | 2,08 |
| 30 | | | | | | | | | 16,98 | 4,72 | 9,23 | 3,66 | 2,82 | 2,23 |
| 35 | | | | | | | | | 22,41 | 5,50 | 12,18 | 4,27 | 3,72 | 2,60 |
| 40 | | | | | | | | | 28,50 | 6,29 | 15,48 | 4,88 | 4,74 | 2,98 |
| 45 | | | | | | | | | | | 19,14 | 5,49 | 5,86 | 3,35 |
| 50 | | | | | | | | | | | 23,14 | 6,10 | 7,08 | 3,72 |
| 55 | | | | | | | | | | | | | 8,40 | 4,09 |
| 60 | | | | | | | | | | | | | 9,83 | 4,47 |
| 65 | | | | | | | | | | | | | 11,35 | 4,84 |
| 70 | | | | | | | | | | | | | 12,97 | 5,21 |
| 75 | | | | | | | | | | | | | 14,69 | 5,58 |
| 80 | | | | | | | | | | | | | 16,50 | 5,95 |
| 85 | | | | | | | | | | | | | 18,40 | 6,33 |

De → Diámetro exterior de la tubería (mm)
e → Espesor de la tubería (mm)
Di → Diámetro interior de la tubería (mm)
V → Volumen interior por metro de tubería (l/m)

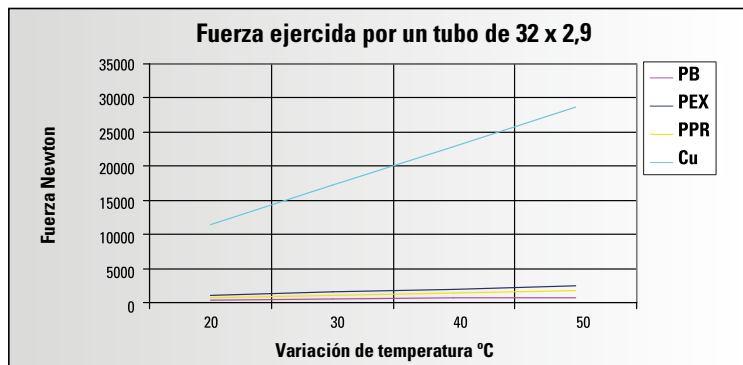
Q → Caudal (l/s)
 ΔP → Pérdidas de carga por metro (mbar/m)
v → Velocidad de circulación del agua (m/s)

Anexo 6: Gráfico para el cálculo de la dilatación en tubos de PB

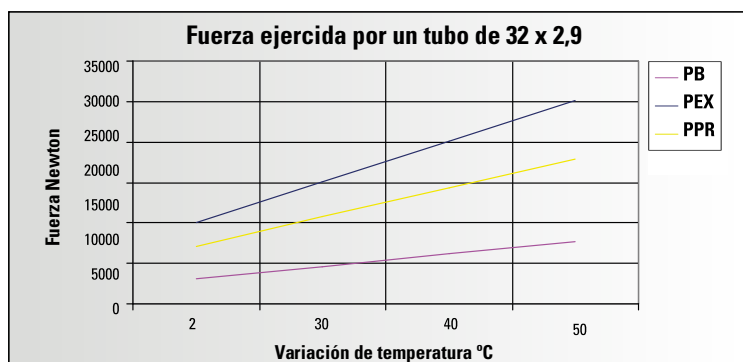




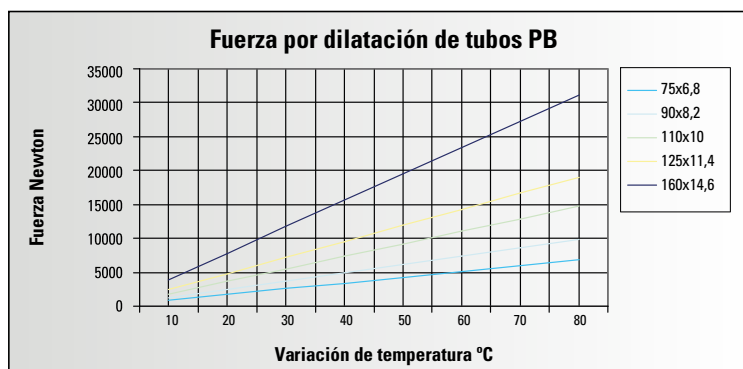
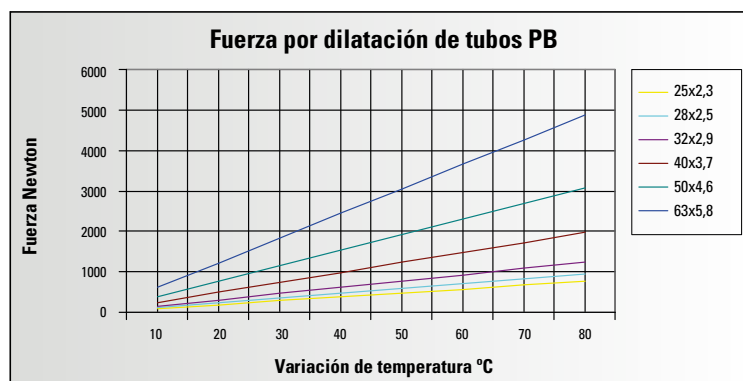
Anexo 7: Gráfico para determinar la fuerza de dilatación en tubos de PB



Gráfica incluyendo el cobre con los materiales plásticos



Gráfica con los materiales plásticos



Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB

A continuación se muestra una clasificación de la resistencia química del PB extraída de la norma ISO/TR 10358:1993.

Tal como se indica en la norma, los ensayos realizados para caracterizar la resistencia química se han llevado a cabo sin presión, por lo que la clasificación es preliminar.

Los resultados aquí expuestos únicamente son válidos para el PB, los componentes metálicos o de otros plásticos no se tienen en cuenta. Para conocer el comportamiento frente a agentes químicos de dichos materiales consulte al departamento técnico de Nueva Terrain.

Las concentraciones de los agentes químicos se describen según la leyenda:

- **Dil. sol.** = Solución acuosa diluida de concentración inferior o igual al 10%
- **Sol.** = Solución acuosa, no saturada, de concentración superior al 10%
- **Sat. sol.** = Solución acuosa saturada, preparada a 20 °C
- **tg** = Al menos de calidad técnica
- **tg-s** = Calidad técnica, sólido
- **tg-l** = Calidad técnica, líquido
- **tg-g** = Calidad técnica, gas
- **Work. sol.** = Solución de trabajo cuya concentración es la utilizada normalmente en la aplicación industrial correspondiente
- **Susp.** = Suspensión de sólidos en una solución saturada a 20 °C

Las concentraciones, a menos que se indique lo contrario, están expresadas como porcentaje en masa a 20 °C.

El código utilizado para evaluar la resistencia química se describe a continuación:

- + **S**: resistencia satisfactoria
- + **L**: resistencia limitada
- + **NS** resistencia no satisfactoria



Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB

| TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB | | | | | | | |
|--|------------------|-------------|---------|--|-----------------|-------------|---------|
| COMPONENTE QUÍMICO | CONCENTRACIÓN % | TEMPERATURA | | COMPONENTE QUÍMICO | CONCENTRACIÓN % | TEMPERATURA | |
| | | T 20° C | T 60° C | | | T 20° C | T 60° C |
| ACETALDEHIDO | tg-l | L | NS | CLORURO DE BARIO | Sat. Sol. | S | S |
| ÁCIDO ACÉTICO | up to 10 | S | S | HIDRÓXIDO DE BARIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 10 to 40 | S | | SULFATO DE BARIO | Susp. | S | S |
| | 50 | S | | SULFURO DE BARIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 40 to 60 | S | L | CERVEZA | Work. Sol. | S | S |
| | 60 | S | | BENZALDEHÍDO | tg-l | L | NS |
| | 80 | S | S | BENCENO | tg-l | NS | NS |
| ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL | >96 | L | NS | ÁCIDO BENZOICO | Sat. Sol. | S | S |
| ANHÍDRIDO ACÉTICO | tg-l | S | S | CARBONATO DE BISMUTO | Sat. Sol. | S | S |
| ACETONA | tg-l | S | S | BORAX | Sol. | S | S |
| ACETILENO, GAS | tg-g | L | NS | | Sat. Sol. | S | S |
| ÁCIDO ADÍPICO | Sat. Sol. (1,4%) | S | L | ÁCIDO BÓRICO | Dil. Sol. | S | S |
| AIRE | tg-g | S | S | | Sat. Sol. | S | S |
| ALCOHOL ALÍLICO | tg-l | S | S | TRIFLUORURO DE BORO | Sat. Sol. | S | S |
| CLORURO DE ALILO | Sat. Sol. | S | S | ÁCIDO BRÓMICO | Sat. Sol. | S | S |
| ALUMINIO VÉASE 21) | | | | BROMO, LÍQUIDO | tg-l | NS | NS |
| CLORURO DE ALUMINIO | Sat. Sol. | S | S | AGUA DE BROMO | Sat. Sol. | L | NS |
| FLUORURO DE ALUMINIO | Susp. | S | S | BUTANO, GAS | tg-g | NS | NS |
| HIDRÓXIDO DE ALUMINIO | Susp. | S | S | N-BUTANOL | tg-l | S | S |
| NITRATO DE ALUMINIO | Sat. Sol. | S | S | ACETATO DE BUTILO | tg-l | L | NS |
| OXICLORURO DE ALUMINIO | Susp. | S | S | ÁCIDO BUTÍRICO | 20 | S | L |
| SULFATO DE ALUMINIO-POTASIO | Sat. Sol. | S | S | BISULFITO DE CALCIO | Sat. Sol. | S | S |
| SULFATO DE ALUMINIO | Sat. Sol. | L | NS | CARBONATO DE CALCIO | Susp. | S | S |
| AMONÍACO, ACUOSO | Sat. Sol. | S | S | CLORATO DE CALCIO | Sat. Sol. | S | S |
| AMONÍACO, GAS SECO | tg-g | S | S | CLORURO DE CALCIO | Sat. Sol. | S | S |
| AMONÍACO, LÍQUIDO | tg-g | S | L | HIDRÓXIDO DE CALCIO | Sat. Sol. | S | S |
| BIFLUORURO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | HIPOCLORITO DE CALCIO | Sol. | S | S |
| CARBONATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | NITRATO DE CALCIO | Sol. | S | S |
| CLORURO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | SULFATO DE CALCIO | Susp. | S | S |
| FLUORURO DE AMONIO | up to 20 | S | | HIDROGENOSULFURO DE CALCIO | Sol. | S | S |
| | 25 | S | L | DIÓXIDO DE CARBONO, SOLUCIÓN ACUOSA | Sat. Sol. | S | S |
| METAFOSFATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | DIÓXIDO DE CARBONO, GAS SECO | tg-g | S | S |
| NITRATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | DIÓXIDO DE CARBONO, GAS HÚMEDO | tg-g | S | S |
| PERSULFATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | DISULFURO DE CARBONO | tg-l | NS | NS |
| FOSFATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | MONÓXIDO DE CARBONO, GAS | tg-g | S | S |
| SULFATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | TETRACLORURO DE CARBONO | tg-l | NS | NS |
| SULFURO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | ACEITE DE RICINO | tg-l | S | S |
| TIOCIANATO DE AMONIO | Sat. Sol. | S | S | CLORO, ACUOSO (VÉASE 102) | | | |
| ALCOHOL AMÍLICO | tg-l | S | S | CLORO, GAS SECO | tg-g | NS | NS |
| ANILINA | tg-l | L | L | AGUA DE CLORO | Sat. Sol. | S | S |
| CLORHIDRATO DE ANILINA | Sat. Sol. | NS | NS | CLORO, GAS HÚMEDO | tg-g | NS | NS |
| CLORURO DE ANTIMONIO (III) | Sat. Sol. | S | S | ÁCIDO CLOROACÉTICO (VÉASE TAMBIEN 257) | Sat. Sol. | NS | NS |
| ZUMO DE MANZANA | Work. Sol. | S | | CLOROBENCENO | tg-l | NS | NS |
| AGUA REGIA | HCl/HNO3 (3/1) | NS | NS | CLOROFORMO | tg-l | L | NS |
| ÁCIDO ARSÉNICO | Sat. Sol. | S | S | ÁCIDO CLOROSULFÓNICO | tg-s | | NS |
| BROMURO DE BARIO | Sat. Sol. | S | S | ALUMBRE DE CROMO | Sol. | S | S |
| CARBONATO DE BARIO | Susp. | S | S | ÁCIDO CRÓMICO | 10 | S | S |

R ESISTENCIA QUÍMICA
 + S: resistencia satisfactoria
 + L: resistencia limitada
 + NS resistencia no satisfactoria

Nota: Tabla exclusivamente válida para el Polibutileno. Para otro material metálico o plástico incluido en el sistema o en la unión, preguntar al departamento técnico.

Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB

| TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------|---------|-----------------------------------|----------------------|-------------|---------|
| COMPONENETE QUÍMICO | CONCEN- TRACIÓN % | TEMPERATURA | | COMPONENETE QUÍMICO | CONCEN- TRACIÓN % | TEMPERATURA | |
| | | T 20° C | T 60° C | | | T 20° C | T 60° C |
| | 20 | S | S | | 50 | S | S |
| | 25 | S | S | ÁCIDO FÓRMICO | 10 | S | S |
| | 30 | S | S | | 85 to tg-l | S | S |
| | 40 | S | | FREÓN- F12 | Work. Sol. | S | S |
| | 50 | S | | GAS, SINTÉTICO | tg-g | S | L |
| ÁCIDO CÍTRICO | Sat. Sol. | S | S | GAS, NATURAL, SECO | tg-g | S | L |
| ACEITE DE COCO | Work. Sol. | S | S | GAS, NATURAL, HÚMEDO | tg-g | S | L |
| CLORURO DE COBRE (II) | Sat. Sol. | S | S | GASOLINA (COMBUSTIBLE) | Work. Sol. | NS | NS |
| CIANURO DE COBRE (II) | Sat. Sol. | S | S | GELATINA | Sol. | S | S |
| FLUORURO DE COBRE (II) | 2 | S | S | GLUCOSA (DEC. A >200°C) | Sol. | S | S |
| NITRATO DE COBRE (II) | Sat. Sol. | S | S | GLICERINA | tg-l | S | S |
| SULFATO DE COBRE (II) | Sat. Sol. | S | S | ÁCIDO GLICÓLICO | 30 | S | S |
| ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN | Work. Sol. | S | S | HEPTANO | tg-l | NS | NS |
| CRESOLES | tg-l | NS | NS | HEXANO | tg-l | NS | NS |
| ÁCIDO CRESÍLICO | 50 | NS | NS | 1-HEXANOL | tg-l | S | S |
| CICLOHEXANOL | tg-s | S | L | MIEL | Work. Sol. | S | S |
| CICLOHEXANONA | tg-l | NS | NS | RÁBANO | Work. Sol. | S | S |
| DEXTRINA | Sol. | S | S | ÁCIDO BROMHÍDRICO | up to 20 | S | S |
| DEXTROSA (DEC. A 200 °C) | Sol. | S | S | ÁCIDO CLORHÍDRICO | up to 10 | S | S |
| DIAZOSALES | Work. Sol. | S | S | | 20 | S | S |
| DICLOROMETANO (VÉASE 253) | | | | | 10 to 20 | S | S |
| COMBUSTIBLE DIÉSEL | Work. Sol. | L | NS | | up to 25 | S | S |
| DIETANOLAMINA | tg-s | S | | | 30 | S | |
| DIETILAMINA | tg-l | | | | >30 | S | |
| DIETIL ÉTER (VÉASE 160) | | | | | 36 | S | |
| ÁCIDO DIGLICÓLICO | tg-s | S | S | | Conc. | S | S |
| DIMETILAMINA, GAS | tg-g | NS | NS | ÁCIDO CIANHÍDRICO | tg-l | S | S |
| FTALATO DE DIOCTILO | tg-l | L | NS | ÁCIDO FLUORHÍDRICO | up to 10 | S | S |
| FOSFATO DE DISODIO (VÉASE 371) | | | | | 48 | S | S |
| ETANOL | tg-l | S | S | | 60 | S | S |
| ACETATO DE ETILO | tg-l | L | NS | HIDRÓGENO | tg-g | S | S |
| BROMURO DE ETILENO | tg-l | NS | NS | PERÓXIDO DE HIDRÓGENO | up to 10 | S | S |
| ETILENCLOROHIDRINA | tg-l | NS | NS | | 30 | S | S |
| 1,2-DICLORURO DE ETILENO | tg-l | S | S | | 50 | NS | NS |
| ETILENGLICOL | tg-l | S | S | | 90 | NS | NS |
| ETIL ÉTER | tg-l | L | NS | TRIHIDRURO DE FÓSFORO (VÉASE 287) | | | |
| CLORURO FÉRRICO | Sat. Sol. | S | S | SULFURO DE HIDRÓGENO, ACUOSO | Sat. Sol. | S | S |
| NITRATO FÉRRICO | Sat. Sol. | S | S | SULFURO DE HIDRÓGENO, GAS SECO | tg-g | S | S |
| SULFATO FÉRRICO | Sat. Sol. | S | S | HIDROQUINONA | Sat. Sol. | S | S |
| CLORURO FERROSO | Sat. Sol. | S | S | ÁCIDO HIPOCLOROSO | Sat. Sol. | S | S |
| SULFATO FERROSO | Sat. Sol. | S | S | ALCOHOL ISOPROPÍLICO | tg-l | S | S |
| ÁCIDO FLUOBÓRICO | tg-s | S | S | ÁCIDO LÁCTICO | 10 | S | S |
| FLÚOR GAS, SECO | tg-g | L | NS | | 28 | S | S |
| FLÚOR GAS, HÚMEDO | tg-g | L | NS | CLORURO DE LAURILO | Sat. Sol. | S | L |
| ÁCIDO FLUOSILÍCIO | Sat. Sol. | S | S | ACETATO DE PLOMO | Dil. Sol. | S | S |
| FORMALDEHÍDO | Dil. Sol. | S | S | | Sat. Sol. | S | S |
| | 30 to 40 | S | S | ACEITE DE LINAZA | Work. Sol. | S | S |
| RESISTENCIA QUÍMICA | | | | | | | |
| + S: resistencia satisfactoria | | | | | | | |
| + L: resistencia limitada | | | | | | | |
| + NS resistencia no satisfactoria | | | | | | | |

Nota:Tabla exclusivamente válida para el Polibutileno. Para otro material metálico o plástico incluido en el sistema o en la unión, preguntar al departamento técnico.



Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB

| TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------|---------|---|-----------------|-------------|---------|
| COMPONENTE QUÍMICO | CONCENTRACIÓN % | TEMPERATURA | | COMPONENTE QUÍMICO | CONCENTRACIÓN % | TEMPERATURA | |
| | | T 20° C | T 60° C | | | T 20° C | T 60° C |
| ACEITES LUBRICANTES | tg-l | S | S | BICARBONATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| CARBONATO DE MAGNESIO | Susp. | S | S | BICROMATO DE POTASIO (VÉASE 307) | | | |
| CLORURO DE MAGNESIO | Sat. Sol. | S | S | BISULFATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| HIDRÓXIDO DE MAGNESIO | Sat. Sol. | S | S | BORATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| NITRATO DE MAGNESIOSULFATO DE MAGNESIO | Sat. Sol.Sat. Sol. | S | S | BROMATO DE POTASIO | up to 10 | S | S |
| ÁCIDOMALEICO(DEC.A160°C) | Sat. Sol. | S | S | BROMURO DE POTASIO | up to 10 | S | S |
| ÁCIDO MÁLICO (SUBL.) | Sol. | S | S | CARBONATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | Sat. Sol. | S | S | CLORATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| CLORURO MERCÚRICO | Sat. Sol. | S | S | CLORURO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| CIANURO MERCÚRICO | Sat. Sol. | S | S | CLORITA DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| NITRATO MERCURIOSO | Sol. | S | S | CROMATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | Sat. Sol. | S | S | | 40 | S | S |
| MERCURIO | tg-l | S | S | CUPROCIANURO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| CLORURO DE MERCURIO (II) (VÉASE 237) | | | | CIANURO DE POTASIO | Sol. | S | S |
| CIANURO DE MERCURIO (II) (VÉASE 238) | | | | | Sat. Sol. | S | S |
| ALCOHOL METÍLICO | tg-l | S | S | DICROMATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| METIL ETIL CETONA | tg-l | S | L | | 40 | S | S |
| ÁCIDO METILSULFÓNICO (DEC.) | tg-l | S | S | FERRICIANURO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| CLORURO DE METILENO | tg-l | S | L | FLUORURO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| LECHE | Work. Sol. | S | S | HEXACIANO FERRATO (II) DE POTASIO (FERROCIANURO DE POTASIO) | Sat. Sol. | S | S |
| ACETATO DE NÍQUEL | Sat. Sol. | S | S | HEXACIANO FERRATO (III) DE POTASIO (VÉASE 308) | Sat. Sol. | | |
| CLORURO DE NÍQUEL | Sat. Sol. | S | S | HIDROGENOCARBONATO DE POTASIO (VÉASE 294) | | | |
| NITRATO DE NÍQUEL | Sat. Sol. | S | S | HIDROGENOSULFATO DE POTASIO (VÉASE 296) | | | |
| SULFATO DE NÍQUEL | Sat. Sol. | S | S | HIDRÓXIDO DE POTASIO | 10 | S | S |
| ÁCIDO NICOTÍNICO | Susp. | S | S | | 20 | S | S |
| ÁCIDO NÍTRICO | 10 | L | NS | NITRATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 20 | NS | NS | PERBORATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 25 | NS | NS | PERMANGANATO DE POTASIO | 10 | S | S |
| | 30 | NS | NS | PERSULFATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 35 | NS | NS | SULFATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 40 | NS | NS | SULFURO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | up to 45 | NS | NS | SULFITO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | 50 | NS | NS | TIOSULFATO DE POTASIO | Sat. Sol. | S | S |
| | >50 | NS | NS | PROPANO, GAS | tg-g | S | |
| ÁCIDO NÍTRICO, FUMANTE (CON DIÓXIDO DE NITRÓGENO) | | NS | NS | ALCOHOL PROPÍLICO | tg-l | S | S |
| ACEITES Y GRASAS | tg-l | S | S | ÁCIDO SALICÍLICO (SUBL.) | Sat. Sol. | S | |
| ÁCIDO SULFÚRICO FUMANTE ("OLEUM") | | NS | NS | ÁCIDO SELÉNICO | Sat. Sol. | S | S |
| ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO (VÉASE 288) | | | | ÁCIDO SILÍCICO | Susp. | S | S |
| ÁCIDO PERCLÓRICO | 10 | L | NS | ACETATO DE PLATA | Sat. Sol. | S | S |
| | 70 | NS | NS | CIANURO DE PLATA | Sat. Sol. | S | S |
| FENOL | tg-s | S | L | NITRATO DE PLATA | Sat. Sol. | L | NS |
| FOSFINA | tg-g | S | | ACETATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S |
| ÁCIDO FOSFÓRICO | up to 50 | S | S | SULFATO ÁCIDO DE SODIO (VÉASE 346) | | | |
| | 50 to 75 | S | L | ANTIMONATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S |
| ÁCIDO PÍCRICO (SUBL.) | Sat. Sol. | S | L | ARSENITO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S |
| SULFATO DE ALUMINIO-POTASIO (VÉASE 21) | | | | BENZOATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S |
| | | | | BICARBONATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S |

R ESISTENCIA QUÍMICA
 + S: resistencia satisfactoria
 + L: resistencia limitada
 + NS resistencia no satisfactoria

Nota: Tabla exclusivamente válida para el Polibutileno. Para otro material metálico o plástico incluido en el sistema o en la unión, preguntar al departamento técnico.

Anexo 8: Tabla de resistencia a agentes químicos del PB

| TABLA DE RESISTENCIA A AGENTES QUÍMICOS DEL PB | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------|---------|---------------------------------|----------------------|-------------|---------|
| COMPONENETE QUÍMICO | CONCEN- TRACIÓN % | TEMPERATURA | | COMPONENETE QUÍMICO | CONCEN- TRACIÓN % | TEMPERATURA | |
| | | T 20° C | T 60° C | | | T 20° C | T 60° C |
| BISULFATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | | 50 | S | S |
| BROMURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | | 50 to 75 | L | NS |
| CARBONATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | | 75 to 90 | L | NS |
| | 25 | S | S | | 95 | NS | NS |
| | up to 50 | S | S | | 96 | NS | NS |
| CLORATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | | 98 | NS | NS |
| CLORURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | | Fuming | NS | NS |
| | 10 | S | S | ÁCIDO SULFUROSO | up to 30 | S | S |
| CLORITO DE SODIO | 2 | S | | ÁCIDO TÁNICO | Sol. | S | S |
| CROMATO DE SODIO | Dil. Sol. | S | S | | Sat. Sol. | S | S |
| CIANURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | ÁCIDO TARTÁRICO (DEC.) | Sol. | S | S |
| DICROMATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | | Sat. Sol. | S | S |
| FERRICIANURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | TETRAHIDROFURANO | tg-l | L | NS |
| FERROCIANURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | CLORURO DE TIONILO | tg-l | S | S |
| FLUORURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | CLORURO DE ESTAÑO (II) | Sat. Sol. | S | S |
| HEXACIANO FERRATO (II) DE SODIO (VÉASE 356) | | | | CLORURO DE ESTAÑO (IV) | Sol. | S | S |
| HEXACIANO FERRATO (III) DE SODIO (VÉASE 355) | | | | TOLUENO | tg-l | NS | NS |
| HIDROGENOCARBONATO DE SODIO (VÉASE 345) | | | | TRICLOROETILENO | tg-l | NS | NS |
| HIDROGENOSULFATO DE SODIO (VÉASE 346) | | | | TRITANOLAMINA | tg-l | S | S |
| HIDRÓXIDO DE SODIO | Sol. | S | S | TRIMETILOPROPANO | up to 10 | | |
| | Sat. Sol. | S | S | FOSFATO DE TRISODIO (VÉASE 372) | | | |
| | 1 | S | S | TREMENTINA | tg-l | NS | NS |
| | 10 to 35 | S | S | UREA | Sol. | | |
| HIPOCLORITO DE SODIO | 10 to 15 | S | S | | Sat. Sol. | S | S |
| | 20 | S | L | | 10 | | |
| | 12,5% Cl | S | S | ORINA | | S | S |
| NITRATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | VINAGRE | Work. Sol. | S | S |
| NITRITO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | AGUA | | S | S |
| ORTOFOSFATO DE SODIO (VÉASE 372) | | | | AGUA, SALOBRE | | S | S |
| PERBORATO DE SODIO | Sat. Sol. | | | AGUA, DESTILADA | | S | S |
| FOSFATO DE SODIO (VÉANSE 371 Y 372) | 50 | | | AGUA, DULCE | | S | S |
| FOSFATO DE SODIO, ÁCIDO | Sat. Sol. | S | S | AGUA, MINERAL | Work. Sol. | S | S |
| FOSFATO DE SODIO, NEUTRO | Sat. Sol. | | | AGUA, POTABLE | Work. Sol. | S | S |
| SILICATO DE SODIO | Sol. | S | S | AGUA, DE MAR | | S | S |
| | Sat. Sol. | S | S | WHISKY | Work. Sol. | S | S |
| SULFATO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | VINO | Work. Sol. | S | S |
| | 0,1 | S | S | VINOS Y LICORES | Work. Sol. | S | S |
| SULFURO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | XILENOS | tg-l | NS | NS |
| SULFITO DE SODIO | Sat. Sol. | S | S | CARBONATO DE ZINC | Susp. | S | S |
| | 40 | S | S | CLORURO DE ZINC | Sat. Sol. | S | S |
| TIOSULFATO DE SODIO (HIPOSULFITO) | Sat. Sol. | S | S | | 58 | S | S |
| DIÓXIDO DE AZUFRE, GAS HÚMEDO | | S | S | CROMATO DE ZINC | Sat. Sol. | S | S |
| TRIÓXIDO DE AZUFRE | tg-l | L | NS | CIANURO DE ZINC | Sat. Sol. | S | S |
| ÁCIDO SULFÚRICO | up to 10 | S | S | NITRATO DE ZINC | Sat. Sol. | S | S |
| | 15 | | | OXIDO DE ZINC | Susp. | S | S |
| | 10 to 30 | S | S | SULFATO DE ZINC | Sat. Sol. | S | S |
| | 10 to 50 | S | S | | | | |
| RESISTENCIA QUÍMICA | | | | | | | |
| + S: resistencia satisfactoria | | | | | | | |
| + L: resistencia limitada | | | | | | | |
| + NS resistencia no satisfactoria | | | | | | | |

Nota:Tabla exclusivamente válida para el Polibutileno. Para otro material metálico o plástico incluido en el sistema o en la unión, preguntar al departamento técnico.





 **NUEVA TERRAIN**



NUEVA TERRAIN S.L.

Pol. Ind. Jundiz

C/ Paduleta nº 2

01015 VITORIA - ÁLAVA (ESPAÑA)

Tel. 945 14 11 88 - Fax 945 14 33 36

E-mail: nuevaterrain@nuevaterrain.com

<http://www.nuevaterrain.com>