

LA NUEVA
GENERACIÓN
EN TUBERÍA DE
PVC ORIENTADO



EXCELENCIA EN
CONDUCCIÓN DE
AGUA A PRESIÓN

RIVAL

+ t u b o s +

TOM

TUBERÍA ORIENTACIÓN MOLECULAR



DE

SA

EXCELENCIA EN CONDUCCIÓN DE AGUA A PRESIÓN

RRO

LLO

RIVAL
+ t u b o s +

Tom
TUBERÍA ORIENTACIÓN MOLECULAR



LA ORIENTACIÓN MOLECULAR, LA REVOLUCIÓN DEL PVC

La tubería TOM es la conducción para el transporte de agua a presión más avanzada tecnológicamente del mercado. Dispone de unas características excepcionales para esta aplicación, generadas fundamentalmente mediante el proceso de orientación molecular.

El PVC es esencialmente un polímero amorfo, en el que las moléculas se encuentran dispuestas en direcciones aleatorias. Sin embargo, bajo unas determinadas condiciones de presión, temperatura y velocidad, y mediante un estiramiento del material, es posible ordenar las moléculas del polímero en la misma dirección en la que se ha producido dicho estiramiento.

En función de los parámetros del proceso y sobre todo del ratio de estiramiento, se obtiene un mayor o menor grado de orientación. El resultado es un plástico con una estructura laminar, cuyas capas se aprecian a simple vista.

UN PLÁSTICO CON PROPIEDADES INSUPERABLES

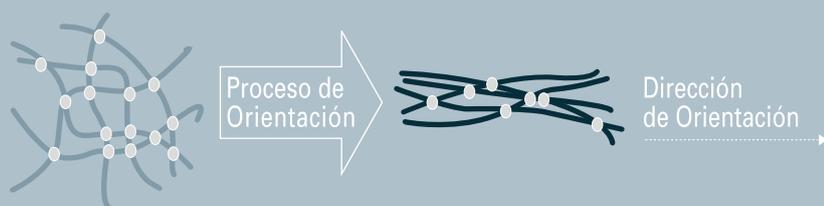
El proceso de orientación molecular mejora de forma espectacular las propiedades físicas y mecánicas del PVC y le otorga unas características excepcionales, sin alterar las ventajas y propiedades químicas del políme-

ro original. Se consigue así un plástico con unas insuperables cualidades de resistencia a la tracción y a la fatiga, flexibilidad y resistencia al impacto.

Aplicado a conducciones a presión se logra una tubería prácticamente indestructible y con una elevadísima vida útil. A ello se añade una considerable eficiencia energética y medioambiental tanto en la fabricación como en la utilización posterior del producto, así como una reducción en el coste y los tiempos de instalación.

Por todo ello, la tubería de PVC orientado TOM es la mejor solución para conducciones de agua a media y alta presión destinadas a riego, abastecimiento de agua potable, industria, redes contra incendios e impulsiones, entre otros usos.

EFFECTO DE LA ORIENTACIÓN EN LA ESTRUCTURA POLIMÉRICA



El proceso de orientación molecular modifica la estructura del PVC al ordenar en línea las moléculas del polímero.



Quando el PVC de estructura amorfa (sección superior) se somete al proceso de orientación, se obtiene una estructura laminar (sección inferior).

LA TECNOLOGÍA MÁS AVANZADA AL SERVICIO DEL AGUA

La tubería de PVC orientado TOM ha sido desarrollada por Molecor, la única empresa del mundo concebida y dedicada de forma integral al conocimiento y fabricación de tuberías de PVC-O. Su proceso de fabricación es absolutamente innovador y utiliza las más avanzadas y fiables tecnologías. Ahora en Ecuador gracias a la licencia de tecnología adquirida por RIVAL a MOLECOR.

Hasta ahora, aunque las tuberías de PVC-O están consideradas como un producto de altísimas prestaciones, las limitaciones técnicas y de eficiencia de los distintos procesos de fabricación suponían un escollo para su aplicación masiva.

La tecnología desarrollada por Molecor supera estas restricciones y confiere a la tubería TOM significativas mejoras.

La orientación molecular se consigue mediante la aplicación de una distribución precisa y homogénea de temperatura y altas presiones de hasta 35 bares, que imponen un control de calidad tubo a tubo sobre el 100% de la producción.

El proceso de fabricación de la tubería TOM se realiza de forma continua y absolutamente automática, en lugar del tradicional sistema discontinuo, lo que proporciona un mayor control y regularidad al producto.



MÁXIMA FIABILIDAD Y SEGURIDAD

Los extraordinarios avances técnicos del sistema de fabricación de Molecor proporcionan a la tubería TOM la máxima fiabilidad y seguridad y atractivas ventajas frente a otros productos:

Máxima orientación molecular: clase 500 según ISO 16422, la más alta y la que ofrece las mejores propiedades mecánicas.

Mayor fiabilidad en el resultado del producto final.

Estrictas tolerancias dimensionales.

Comportamiento homogéneo del material.

Embocaduras de unión reforzadas y conformadas en el mismo proceso de orientación.

El proceso de fabricación desarrollado por Molecor utiliza las más avanzadas tecnologías y es totalmente automático, lo que proporciona a la tubería TOM by RIVAL la máxima garantía y calidad.

TOM DE RIVAL: LA MEJOR ELECCIÓN PARA CONDUCCIONES DE FLUÍDOS A PRESIÓN

INSUPERABLE RESISTENCIA AL IMPACTO

La tubería TOM es prácticamente indestructible por golpes. Se eliminan así las roturas durante la instalación o las pruebas en obras producidas por caídas e impactos de piedras.

Además, la orientación molecular impide la propagación de grietas y arañazos y elimina el riesgo de fisuras rápidas, gracias a la estructura laminar del tubo. El resultado es un espectacular aumento de la vida útil del producto.

ELEVADA RESISTENCIA HIDROSTÁTICA A CORTO Y LARGO PLAZO

La tubería TOM soporta resistencias a presión interna de más de 2 veces la presión nominal, lo que permite soportar sobrepresiones puntuales como los golpes de ariete y otras malfunciones en la red.

Además, como la fluencia del material es muy pequeña, la tubería, trabajando a presiones nominales, tiene una expectativa de vida en servicio de más de 100 años.

EXCELENTE COMPORTAMIENTO FRENTE AL GOLPE DE ARIETE

La celeridad de la tubería TOM es menor que en el resto de canalizaciones (hasta cuatro veces inferior en el caso de las de fundición dúctil), lo que le permite minimizar los golpes de ariete derivados de variaciones bruscas de caudal y presión. Se reduce y casi se elimina la posibilidad de roturas en las aperturas y cierres de las redes y los arranques de impulsiones, protegiendo a todos los elementos de la red.

MAYOR CAPACIDAD HIDRÁULICA

La reducción del espesor de pared que otorga el proceso de orientación molecular proporciona a la tubería TOM un mayor diámetro interno y sección de paso. Además, la superficie interna es extremadamente lisa, lo que reduce al mínimo las pérdidas de carga y dificulta la formación de depósitos en las paredes del tubo.

De esta forma se logra entre un 15% y un 40% de mayor capacidad hidráulica que tuberías de otros materiales con diámetros externos similares.



Tras el impacto de una piedra de 500 Kg de peso desde una altura de 3 m, la tubería TOM by RIVAL permanece inalterada.

MÁXIMA FLEXIBILIDAD

El excelente comportamiento elástico de la tubería TOM le permite soportar deformaciones de hasta el 100% del diámetro interior. La canalización recupera inmediatamente su forma original tras un aplastamiento y cualquier situación mecánica accidental, con lo que se elimina el riesgo de roturas por deslizamiento del terreno u otros esfuerzos cortantes como piedras o maquinaria. Su gran capacidad para aguantar pesos elevados asegura además el perfecto comportamiento de los tubos una vez soterrados.

ABSOLUTA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

El PVC orientado es inmune a la corrosión y a las sustancias químicas presentes en la naturaleza, así como a los ataques de micro y macroorganismos. La tubería TOM es por tanto indegradable. Además, no requiere ningún tipo de protección o recubrimiento especial, lo que repercute en un ahorro de costos.

TOTAL CALIDAD DEL AGUA

La calidad del fluido que circula por la tubería TOM se conserva siempre inalterada, ya que no se producen corrosiones del material ni migraciones de la tubería o de sus recubrimientos. Se han realizado los ensayos pertinentes para comprobar que sus excelentes cualidades cumplen el real Decreto 140/2003 en España que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua y en Ecuador con la NTE INEN 1372 que define los

Requisitos Bromatológicos y Organolépticos que debe cumplir la tubería plástica para conducir agua potable.

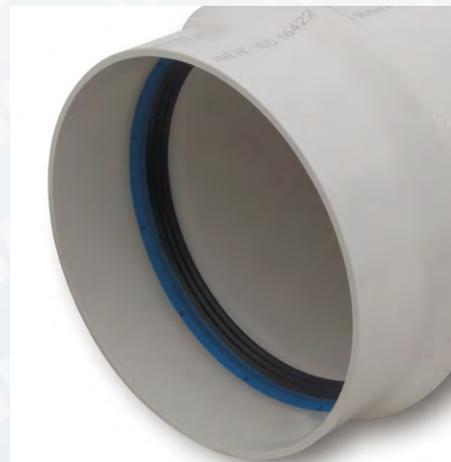
Todo ello convierte a la tubería TOM en la mejor aplicación para canalizaciones de agua a presión, y especialmente agua potable para redes de abastecimiento.

COMPLETA ESTANQUEIDAD DE LAS UNIONES

Se garantiza una perfecta estanqueidad de la unión, evitándose que la junta se desplace en la instalación. La facilidad de conexión hace que pueda ser instalado por personal menos calificado.

MENOR COSTO Y MAYOR FACILIDAD DE INSTALACIÓN

La tubería TOM es más ligera y manejable que el resto de tubos fabricados con otros materiales: puede manipularse sin ayuda de maquinaria en la mayoría de los casos. Además, la facilidad de conexión y su flexibilidad y resistencia a golpes permiten unos costos, rendimientos y velocidades de instalación imposibles con otro tipo de tubería.



La tubería TOM by RIVAL soporta las máximas deformaciones sin sufrir daños estructurales.

La junta con anillo autoblocante garantiza la perfecta estanqueidad de las uniones.

LA TUBERÍA MÁS RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE

TOM by RIVAL es la tubería más ecológica de cuantas existen en el mercado y la más eficiente desde el punto de vista energético a lo largo de todo su ciclo de vida.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Sus excepcionales propiedades mecánicas permiten un **importantísimo ahorro de materias primas**:

Para un mismo diámetro nominal exterior, TOM precisa una menor cantidad de PVC, puesto que su espesor de pared es menor.

El consumo de petróleo requerido para su fabricación es por tanto inferior al de otras soluciones plásticas.

Del mismo modo, el consumo energético necesario en el proceso de fabricación es sensiblemente inferior al de otras tuberías de PVC-O y **no requiere los enormes gastos de energía** usados en la fabricación de tuberías metálicas.

La extrema lisura de la pared interior de la tubería TOM minimiza las pérdidas de carga, por lo que también la energía necesaria para el transporte impulsado es menor. A lo largo de toda su vida útil, TOM evita el consumo innecesario de gran cantidad de recursos energéticos y **reduce las emisiones de CO² a la atmósfera.**

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

La elevada vida útil y estanqueidad de la tubería TOM, no solamente en funcionamiento normal sino ante accidentes en la red de conducción o en los terrenos sobre la que se encuentra, hacen de ella el mejor aliado en el ahorro de recursos hídricos.

Las redes de abastecimiento que se instalaron con materiales tradicionales sufren actualmente fugas de hasta un 25% del agua canalizada, y su degradación química hace que algunas conducciones deban ser repuestas en pocos años. Las infraestructuras creadas con las tuberías TOM son una herramienta para la gestión de los recursos hídricos durante generaciones.

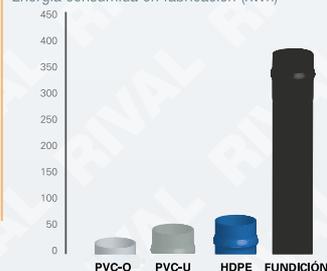
TOTALMENTE RECICLABLE

TOM es un producto 100% reciclable: puede molerse y reprocesarse para su reutilización en la fabricación tanto de otra tubería como de otro elemento plástico.

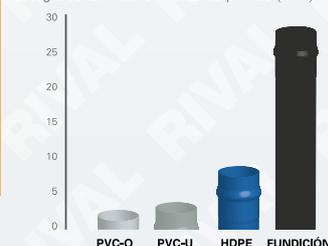
Energía consumida en la tubería (materias primas + fabricación) (kWh)



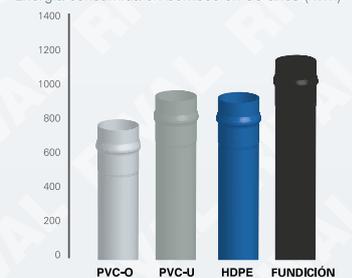
Energía consumida en fabricación (kWh)



Energía consumida en materias primas (kWh)



Energía consumida en bombeo en 50 años (kWh)



Estimación de consumo de energía y emisiones de CO₂ derivadas de la producción y uso de las tuberías de PVC-O, PVC-U, HDPE y fundición. Universitat Politècnica de Catalunya, diciembre 2005.

LAS MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

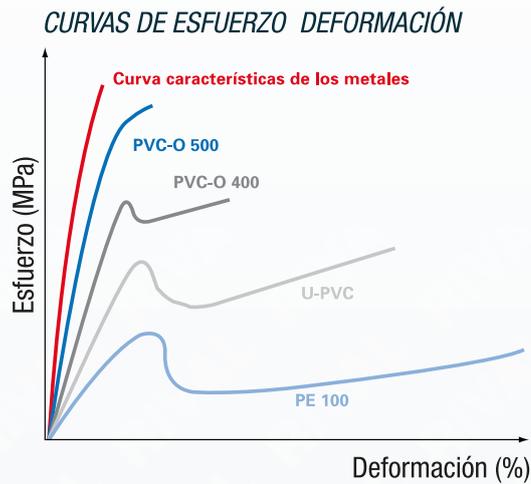
La curva tensión-deformación del PVC-O cambia drásticamente respecto al comportamiento de los plásticos convencionales, resultando una curva característica de los metales.

La transformación completa de las propiedades mecánicas del PVC-O respecto al PVC convencional solamente se logra en las clases más altas (PVC-O 500), como las de la tubería TOM by RIVAL.

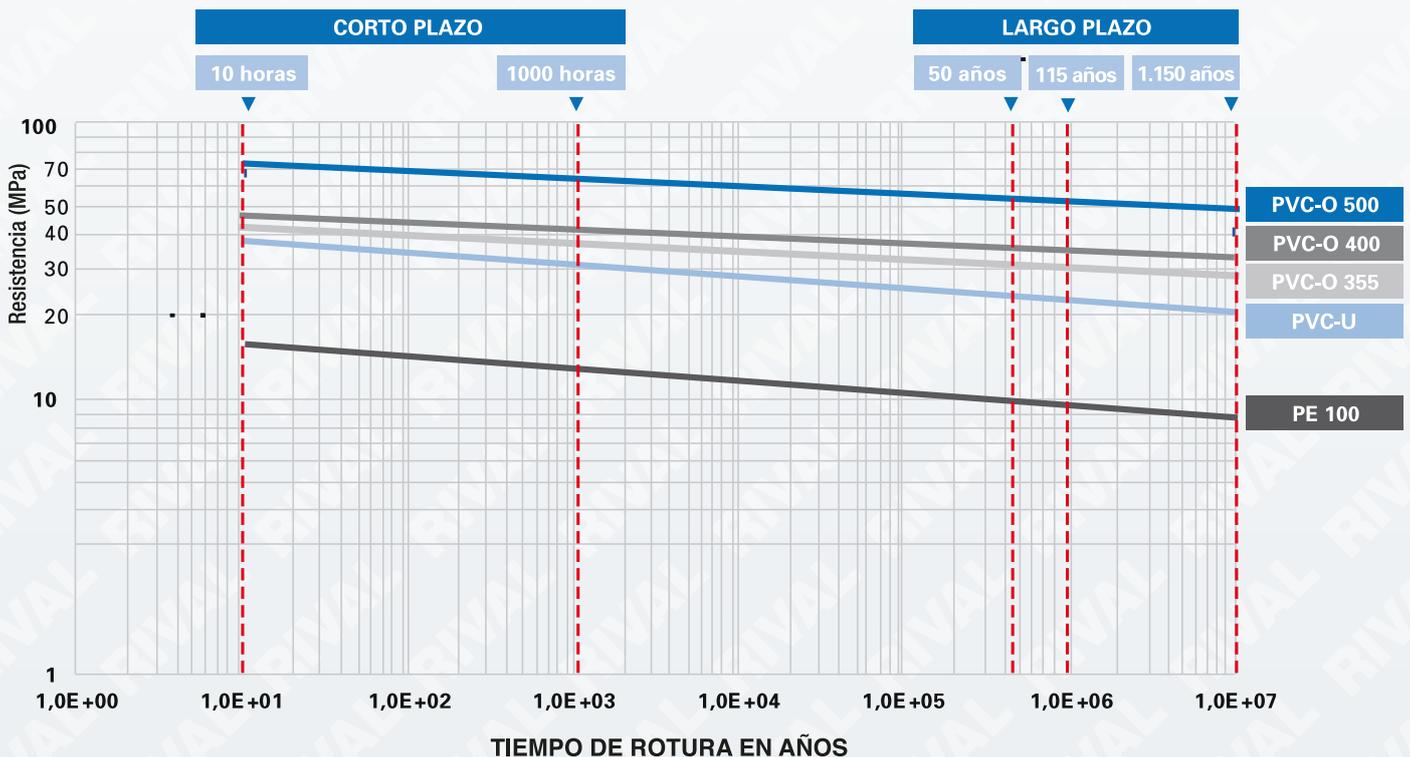
RESISTENCIA HIDROSTÁTICA A LARGO PLAZO

Los materiales pierden propiedades mecánicas al estar sometidos durante largo tiempo a esfuerzos. Esta característica definida como “fluencia” se manifiesta en mucho menor grado en el PVC-O 500 que en los plásticos convencionales, lo que conlleva

unas mejores propiedades a largo plazo. Teniendo en cuenta que el PVC-O tiene una resistencia a la fatiga excepcional y una resistencia química muy buena y común con el PVC convencional, podríamos hablar de una tubería capaz de soportar las presiones de trabajo durante más de 100 años.



CURVAS DE REGRESIÓN DE RESISTENCIA HIDROSTÁTICA



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL MATERIAL Y DE LA TUBERÍA

La siguiente tabla resume las características mecánicas de las tuberías de PVC orientado TOM clase 500 frente a otras tuberías plásticas.

Norma Producto	Unidades	TOM	PVC	PE-100	PE-80
		PVC-O 500	UNE-EN 1452	UNE-EN 12201	UNE-EN 12201
Resistencia Mínima requerida (MRS)	MPa	ISO 16422 50,0	25,0	10,0	8,0
Coeficiente global de servicio (C)	[]	1,6	2,0 ⁽¹⁾	1,25	1,25
Esfuerzo de diseño (σ)	MPa	32,0	12,5	8,0	6,3
Módulo de elasticidad a corto plazo (E)	MPa	> 4.000	> 3.000	1.100	900
Resistencia a tracción axial	MPa	> 48	> 48	19	19
Resistencia a tracción tangencial	MPa	> 85	> 48	19	19
Dureza Shore D	[]	81 - 85	70 - 85	60	65

(1) Para tubos con DN \geq 110.

OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

A continuación se muestran otras características no mecánicas del PVC-O 500 TOM:

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
Densidad	Kg/dm ³	1,35 - 1,46 ⁽¹⁾
Valor K resina de PVC	[]	> 64
Dureza Shore D a 20 °C	[]	81 - 85
Coeficiente de Poisson	[]	0,35 - 0,41
Coeficiente de dilatación lineal	°C ⁻¹	0,8·10 ⁻⁵
Conductividad térmica	Kcal/mh°C	0,14 - 0,18
Calor específico a 20 °C	cal/g°C	0,20 - 0,28
Rigidez dieléctrica	Kv/mm	20 - 40
Constante dieléctrica a 60 Hz	[]	3,2 - 3,6
Resistividad transversal a 20 °C	Ω /cm	> 10 ¹⁶
Rugosidad absoluta (ka)	mm	0,007
Rugosidad C (Hazen-Williams)	[]	150
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)	[]	0,009

(1) Aunque la normativa permite todo este rango, la tubería de PVC-O TOM se concentra en un rango más concreto de 1,39 a 1,43 kg/dm³.

CARACTERÍSTICAS DE LA JUNTA DE ESTANQUEIDAD

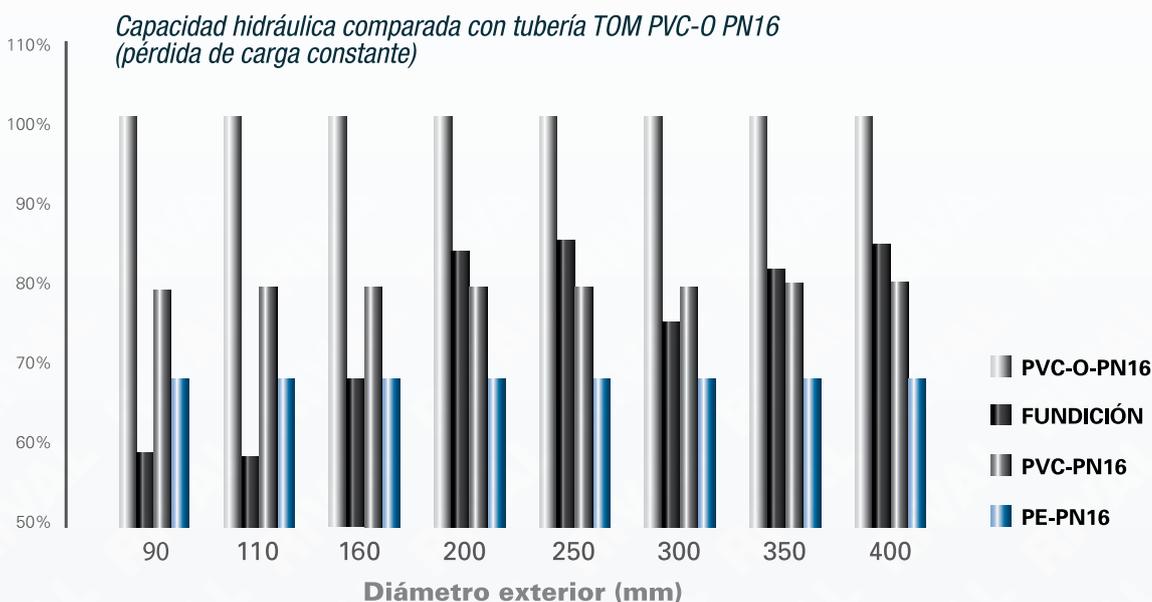
CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
Dureza del elastómero	IRHD	60±5

PROPIEDADES HIDRÁULICAS INSUPERABLES

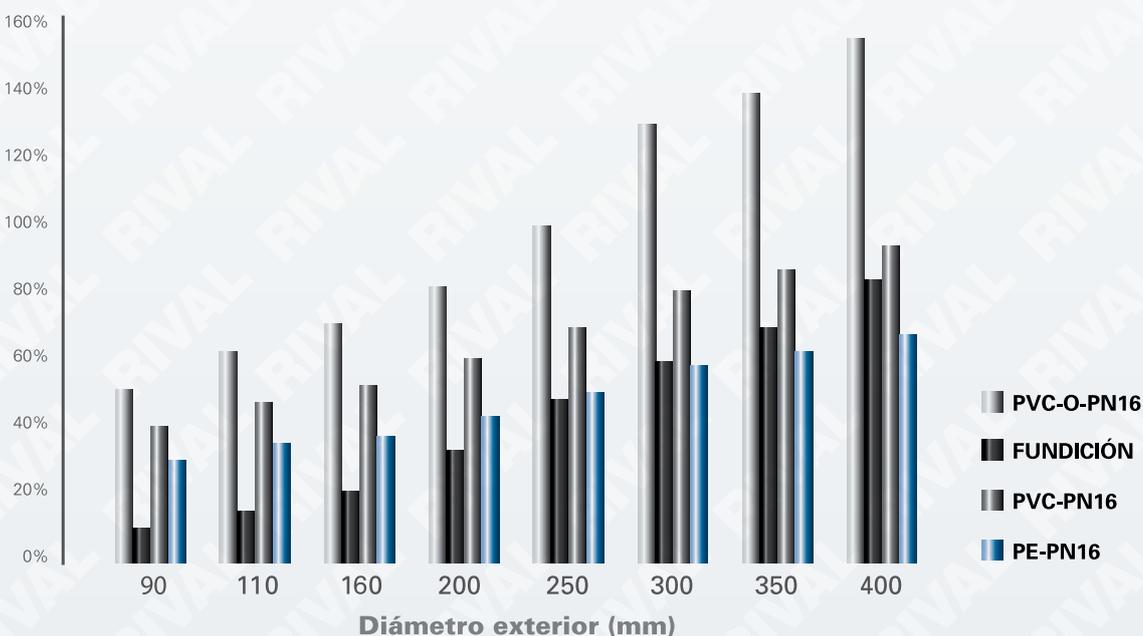
CAPICIDAD HIDRÁULICA

Las tuberías, además de ser capaces de soportar la presión, han de transportar la mayor cantidad de agua con el menor gasto energético.

El menor espesor frente a las tuberías de plástico convencionales y la menor rugosidad interna comparada con tuberías metálicas hacen de la tubería TOM la de mayor capacidad hidráulica.



La utilización de tuberías con menor capacidad hidráulica conllevará usar un mayor diámetro nominal, lo que perjudicará la rentabilidad y el coste de la inversión de la infraestructura. La solución con tubería TOM siempre dará la mejor eficiencia entre el coste de la inversión y la capacidad hidráulica disponible.



GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete está motivado por la inercia del líquido que se desplaza por la tubería y se detiene de forma rápida por la apertura o el cierre rápido de una válvula, por el arranque o paro de una bomba o por la acumulación o los movimientos de bolsas de aire dentro de las tuberías. El golpe de ariete puede suponer una sobrepresión superior a la presión de trabajo de la tubería y reventarla, especialmente si se encuentra dañada por golpes o por corrosión.

El golpe de ariete resultante (P) depende la celeridad (a), que es la velocidad de la onda, y del cambio de velocidad del fluido (V). La celeridad depende fundamentalmente de las características dimensionales de la tubería (relación entre el diámetro exterior y el espesor mínimo) y las características del material del que está hecha (módulo de Young – E).

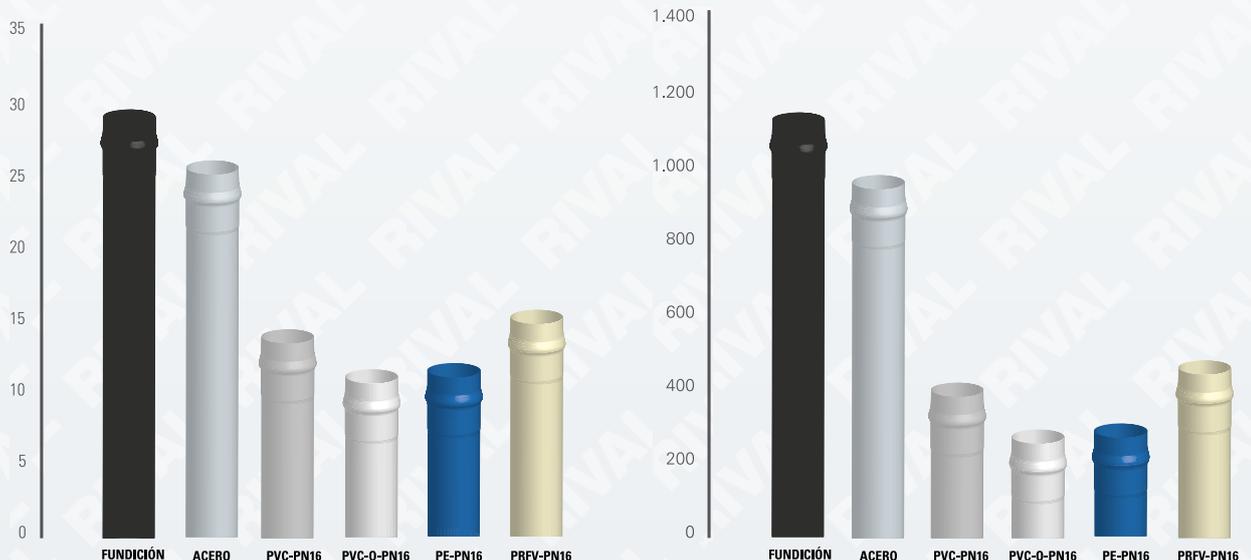
La tubería de PVC orientado TOM tiene una celeridad muy inferior a la de las tuberías de otros materiales. Es especialmente significativa la diferencia con las tuberías de materiales metálicos, donde los efectos del golpe de ariete pueden llegar a ser muy elevados.

A continuación la fórmula de Allievi

$$P = \frac{a \cdot V}{g} ; a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K_c \cdot \frac{D_m}{e}}} ; K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

Golpe de ariete (P) en bares

Celeridad (a) en m/s



GAMA PARA TODAS LAS APLICACIONES

La tubería TOM cuenta con una amplia gama capaz de cubrir todas las necesidades de media y alta presión.

NORMA APLICABLE

La tubería de PVC-O TOM® está fabricada de acuerdo a la norma internacional ISO 16422:2014 “Pipes and joints made of oriented unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-O) for the conveyance of water under pressure”.

Otras normas internacionales que contemplan la tubería de PVC-O son:

- Norma europea EN 17176-19 “Plastic piping systems for water supply and for buried and above ground drainage, sewerage and irrigation under pressure- Oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O). Part 1: General, Part 2: Pipes and Part 5: Fitness for purpose of the system”
- Normas norteamericanas: ASTM F1483-17 “Standard Specification for Oriented Poly(Vinyl Chloride), PVC-O, Pressure Pipe”; y ANSI/AWWA C909-16 “Molecularly Oriented Polyvinyl Chloride (PVC-O) Pressure Pipe”.

- Norma australiana: AS/NZS 4441:2017 “Oriented PVC (PVC-O) pipes for pressure applications”.

- Norma canadiense CAN/CSA-B137.3.1-13 “Molecularly oriented polyvinylchloride (PVC-O) pipe for pressure applications”.

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

La norma ISO 16422:2014 contempla diferentes clases de material de PVC-O clasificados según su MRS (resistencia mínima requerida), debido a que la orientación molecular se puede lograr en mayor o menor medida dependiendo del proceso de fabricación. La tubería de PVC-O TOM se fabrica solamente según la clase más alta (PVC-O 500), ya que al ser la que tiene un grado de orientación más elevado, es la que garantiza un mejor comportamiento mecánico. De esta forma, la tubería TOM dispone en su mayor grado de las ventajas que el PVC-O presenta sobre otros materiales.

TUBERÍA TOM

	PVC-O 500 PN 12,5	PVC-O 500 PN 16	PVC-O 500 PN 20	PVC-O 500 PN 25
Clase de material	500	500	500	500
MRS (MPa)	50,0	50,0	50,0	50,0
Presión Nominal (bar)	12,5	16,0	20	25
Presión de rotura a 50 años (bar) ⁽¹⁾	20,0	25,3	32,2	40,3
Presión de rotura a 10 horas (bar) ⁽¹⁾	25,7	32,4	41,3	51,0
Presión de prueba máxima en otra (bar) ⁽²⁾	17,5	21	25	30,0
Rigidez Circunferencial (kN/m ²) ⁽³⁾	>5,0	>7,0	>14,0	>25,0
Color ⁽⁴⁾	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco

(1) A la temperatura de 20°C

(2) Según norma UNE-EN 805:2000 con golpe de ariete estimado

(3) Rigidez de tubería acorde al espesor medio del tubo

(4) Otros colores consultar



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

TUBOS PVC-O Clase 500 MRS 50

Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (OD)		Clase de Material	Coeficiente de Diseño	**Presión Nominal		Espesor Mínimo de Norma	*Espesor de fabricación
	mm	Mín.			Máx.	MPa		
90	90	90,3	500	1,6	1,25	181,25	1,8	2,0
			500	1,6	1,6	232	2,2	2,4
			500	1,6	2	290	2,8	2,9
			500	1,6	2,5	362,5	3,5	3,6
110	110	110,4	500	1,6	1,25	181,25	2,2	2,5
			500	1,6	1,6	232	2,7	2,8
			500	1,6	2	290	3,4	3,5
			500	1,6	2,5	362,5	4,2	4,4
160	160	160,5	500	1,6	1,25	181,25	3,2	3,6
			500	1,6	1,6	232	4,0	4,1
			500	1,6	2	290	4,9	5,2
			500	1,6	2,5	362,5	6,2	6,4
200	200	200,6	500	1,6	1,25	181,25	3,9	4,6
			500	1,6	1,6	232	4,9	5,0
			500	1,6	2	290	6,2	6,4
			500	1,6	2,5	362,5	7,7	7,9
250	250	250,8	500	1,6	1,25	181,25	4,9	5,6
			500	1,6	1,6	232	6,3	6,7
			500	1,6	2	290	7,7	8,0
			500	1,6	2,5	362,5	9,6	9,9
315	315	316	500	1,6	1,25	181,25	6,2	7,0
			500	1,6	1,6	232	7,7	8,2
			500	1,6	2	290	9,7	9,9
			500	1,6	2,5	362,5	12,1	12,5
355	355	356,1	500	1,6	1,25	181,25	7,0	7,9
			500	1,6	1,6	232	8,7	8,9
			500	1,6	2	290	10,9	11,2
			500	1,6	2,5	362,5	13,6	13,8
400	400	401,2	500	1,6	1,25	181,25	7,9	8,9
			500	1,6	1,6	232	9,8	10,2
			500	1,6	2	290	12,3	12,5
			500	1,6	2,5	362,5	15,3	15,5

*Los aspores de fabricación con mayores factores de seguridad dan como resultado altos resultados de rigidez en los tubos de las diferentes presiones

Los diámetros interiores pueden estar sujetos a variación según tolerancias de fabricación

**Otras presiones nominales de la tubería de PVC-O se consideran en la Ficha Técnica del Producto

EMBOCADURA Y JUNTA DE ESTANQUEIDAD

La tubería de PVC-O TOM emplea en su junta el sello de mayor desarrollo en la actualidad para tuberías de agua potable a presión, el sello FORSHEDA 576 Anger-Lock de TRELLEBORG.

El sello es una combinación de un anillo de polipropileno que es el elemento de retención que mantiene el sello de forma segura en su posición y un labio de caucho sintético de compresión que hacen que formen parte integral del tubo. El sello está diseñado para absorber cualquier variación permisible en la cavidad de alojamiento del sello.

ACCESORIOS

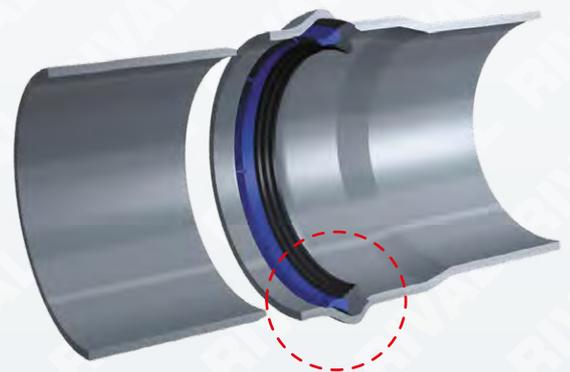
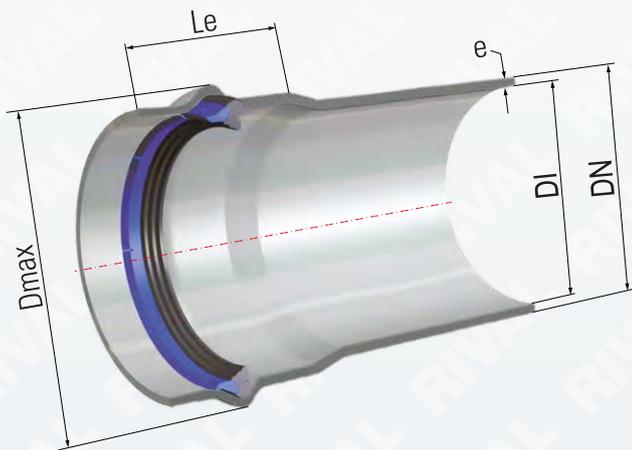
La tubería TOM es compatible con los accesorios válidos para tuberías PVC convencional fabricados tanto en PVC como en fundición, acero u otros materiales metálicos:

- Curvas, reducciones, manguitos y té con uniones por junta elástica.
- Collarines de toma con o sin carga.
- Accesorios de reparación.
- Accesorios para trabajo a tracción.

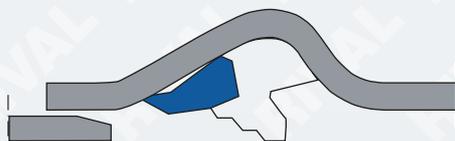
12

DATOS DEL PRODUCTO

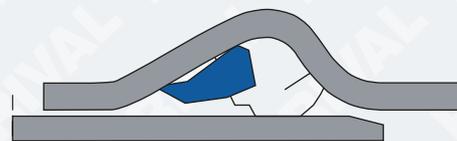
DIÁMETRO NOMINAL (DN)	LONGITUD EMBOCADURA (Le)	DIÁMETRO MÁXIMO COPA (Dmax)
mm	mm	mm
90	155	115
110	175	138
160	202	194
200	213	237
250	251	294
315	297	366
355	322	411
400	342	462



Junta Tipo FORSHEDA 576 Anger-Lock



Deslizamiento de la espiga en la campana



Compresión del labio de sellado

CLAVES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO

DISEÑO HIDRÁULICO

Tanto si estamos diseñando un bombeo como si se trata de una conducción por gravedad, para dimensionar la tubería es necesario calcular las pérdidas de carga, caudales y velocidades del fluido que pasa por ella.

Existen diversas metodologías para calcular estos valores. Algunas de las más extendidas son las de Hazen-Williams y la de Prantl-Colebrook-White.

$$\text{Caudal (l/s)} = \text{Velocidad (m/s)} \cdot \text{sección (m}^2\text{)} \cdot 10^3$$

Fórmula de Hazen-Williams:

$$V = 0,355 \cdot C \cdot D_i^{0,63} \cdot J^{0,54}$$

Fórmula de Prantl-Colebrook-White:

$$V = -2 \sqrt{2 \cdot g \cdot D_i \cdot J} \cdot \log_{10} \left(\frac{k_a}{3,71 \cdot D_i} + \frac{2,51 \cdot v}{D_i \sqrt{2 \cdot g \cdot D_i \cdot J}} \right)$$

V = velocidad media en m/s

D_i = Diámetro interior en m

J = Pérdida de carga en m/m

C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams (para el PVC-O; C = 150)

g = aceleración de la gravedad en m/s² (9,81 m/s²)

k_a = rugosidad absoluta en m (para el PVC-O; k_a = 0,007·103 m)

v = viscosidad cinemática del fluido (m²/s) (para agua a 20°C; v = 1,0·10⁻⁶)

Habrá que tener también en cuenta la pérdida de carga producida por accesorios (codos, reducciones, etcétera) y válvulas.

Se han tabulado las pérdidas de carga, caudales y velocidades en función de la fórmula de Hazen-Williams.

La determinación de la velocidad del agua se debe hacer atendiendo a factores económicos (optimización de la inversión frente a gasto de bombeo) y a los valores admisibles de golpe de ariete.

En general, se establece como valor mínimo para evitar sedimentos 0,5 m/s y como valores máximos entre 2,0 y 2,5 m/s, en función de los diámetros.

TOM PVC-O 500 PN12,5

D.INTERIOR	DN90 85,6		DN110 104,6		DN160 152,4		DN200 191		DN250 238,8		DN315 300,8		DN355 339		DN400 382,2	
	Velocidad (m/s)	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s
0,1	0,58	0,16	0,86	0,13	1,82	0,08	2,87	0,06	4,48	0,05	7,11	0,04	9,03	0,03	11,47	0,03
0,2	1,15	0,57	1,72	0,45	3,65	0,29	5,73	0,22	8,96	0,17	14,21	0,13	18,05	0,11	22,95	0,10
0,3	1,73	1,21	2,58	0,96	5,47	0,62	8,60	0,47	13,44	0,37	21,32	0,28	27,08	0,24	34,42	0,21
0,4	2,30	2,06	3,44	1,63	7,30	1,05	11,46	0,81	17,92	0,62	28,43	0,48	36,10	0,41	45,89	0,36
0,5	2,88	3,11	4,30	2,47	9,12	1,59	14,33	1,22	22,39	0,94	35,53	0,72	45,13	0,63	57,36	0,54
0,6	3,45	4,37	5,16	3,46	10,94	2,23	17,19	1,71	26,87	1,32	42,64	1,01	54,16	0,88	68,84	0,76
0,7	4,03	5,81	6,02	4,60	12,77	2,96	20,06	2,28	31,35	1,75	49,74	1,34	63,18	1,17	80,31	1,01
0,8	4,60	7,44	6,87	5,89	14,59	3,79	22,92	2,92	35,83	2,25	56,85	1,72	72,21	1,49	91,78	1,30
0,9	5,18	9,25	7,73	7,32	16,42	4,72	25,79	3,63	40,31	2,79	63,96	2,14	81,23	1,86	103,26	1,61
1	5,75	11,24	8,59	8,90	18,24	5,74	28,65	4,41	44,79	3,40	71,06	2,60	90,26	2,26	114,73	1,96
1,1	6,33	13,41	9,45	10,62	20,07	6,84	31,52	5,26	49,27	4,05	78,17	3,10	99,28	2,69	126,20	2,34
1,2	6,91	15,76	10,31	12,47	21,89	8,04	34,38	6,18	53,75	4,76	85,28	3,64	108,31	3,16	137,67	2,75
1,3	7,48	18,28	11,17	14,47	23,71	9,33	37,25	7,17	58,22	5,52	92,38	4,22	117,34	3,67	149,15	3,19
1,4	8,06	20,97	12,03	16,59	25,54	10,70	40,11	8,22	62,70	6,33	99,49	4,84	126,36	4,21	160,62	3,66
1,5	8,63	23,82	12,89	18,86	27,36	12,15	42,98	9,34	67,18	7,20	106,59	5,50	135,39	4,78	172,09	4,16
1,6	9,21	26,85	13,75	21,25	29,19	13,70	45,84	10,53	71,66	8,11	113,70	6,20	144,41	5,39	183,57	4,69
1,7	9,78	30,04	14,61	23,77	31,01	15,33	48,71	11,78	76,14	9,08	120,81	6,93	153,44	6,03	195,04	5,24
1,8	10,36	33,39	15,47	26,43	32,83	17,04	51,57	13,09	80,62	10,09	127,91	7,71	162,47	6,70	206,51	5,83
1,9	10,93	36,91	16,33	29,21	34,66	18,83	54,44	14,47	85,10	11,15	135,02	8,52	171,49	7,41	217,98	6,44
2	11,51	40,59	17,19	32,12	36,48	20,71	57,30	15,91	89,58	12,26	142,13	9,37	180,52	8,15	229,46	7,08
2,1	12,09	44,42	18,05	35,16	38,31	22,67	60,17	17,42	94,05	13,42	149,23	10,25	189,54	8,92	240,93	7,75
2,2	12,66	48,42	18,90	38,32	40,13	24,70	63,03	18,98	98,53	14,63	156,34	11,18	198,57	9,72	252,40	8,45
2,3	13,24	52,58	19,76	41,61	41,96	26,82	65,90	20,61	103,01	15,88	163,45	12,13	207,60	10,55	263,88	9,18
2,4	13,81	56,89	20,62	45,02	43,78	29,02	68,77	22,30	107,49	17,19	170,55	13,13	216,62	11,42	275,35	9,93
2,5	14,39	61,35	21,48	48,56	45,60	31,30	71,63	24,05	111,97	18,54	177,66	14,16	225,65	12,32	286,82	10,71
2,6	14,96	65,98	22,34	52,22	47,43	33,66	74,50	25,87	116,45	19,93	184,76	15,23	234,67	13,24	298,29	11,52
2,7	15,54	70,75	23,20	56,00	49,25	36,10	77,36	27,74	120,93	21,38	191,87	16,33	243,70	14,20	309,77	12,35
2,8	16,11	75,68	24,06	59,90	51,08	38,61	80,23	29,67	125,41	22,86	198,98	17,47	252,72	15,19	321,24	13,21
2,9	16,69	80,76	24,92	63,92	52,90	41,20	83,09	31,66	129,88	24,40	206,08	18,64	261,75	16,21	332,71	14,10
3	17,26	86,00	25,78	68,06	54,72	43,87	85,96	33,71	134,36	25,98	213,19	19,85	270,78	17,26	344,19	15,01
3,1	17,84	91,38	26,64	72,32	56,55	46,62	88,82	35,83	138,84	27,61	220,30	21,09	279,80	18,34	355,66	15,95
3,2	18,42	96,91	27,50	76,70	58,37	49,44	91,69	38,00	143,32	29,28	227,40	22,37	288,83	19,46	367,13	16,91
3,3	18,99	102,60	28,36	81,20	60,20	52,34	94,55	40,22	147,80	31,00	234,51	23,68	297,85	20,60	378,60	17,91
3,4	19,57	108,43	29,22	85,82	62,02	55,32	97,42	42,51	152,28	32,76	241,62	25,02	306,88	21,77	390,08	18,92
3,5	20,14	114,41	30,08	90,55	63,85	58,37	100,28	44,85	156,76	34,56	248,72	26,40	315,91	22,97	401,55	19,97
3,6	20,72	120,53	30,94	95,40	65,67	61,50	103,15	47,26	161,24	36,42	255,83	27,82	324,93	24,20	413,02	21,04
3,7	21,29	126,81	31,79	100,36	67,49	64,70	106,01	49,72	165,71	38,31	262,93	29,27	333,96	25,46	424,50	22,13
3,8	21,87	133,23	32,65	105,44	69,32	67,97	108,88	52,23	170,19	40,25	270,04	30,75	342,98	26,75	435,97	23,25
3,9	22,44	139,79	33,51	110,64	71,14	71,32	111,74	54,81	174,67	42,23	277,15	32,26	352,01	28,06	447,44	24,40
4	23,02	146,50	34,37	115,95	72,97	74,74	114,61	57,44	179,15	44,26	284,25	33,81	361,03	29,41	458,91	25,57

TOM PVC-O 500 PN16

D.INTERIOR	DN90 84,6		DN110 103,6		DN160 150,6		DN200 188,8		DN250 235,8		DN315 297,6		DN355 335,4		DN400 378	
	Velocidad (m/s)	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s										
0,1	0,56	0,16	0,84	0,13	1,78	0,08	2,80	0,06	4,37	0,05	6,96	0,04	8,84	0,03	11,22	0,03
0,2	1,15	0,57	1,72	0,45	3,65	0,29	5,73	0,22	8,96	0,17	14,21	0,13	18,05	0,11	22,95	0,10
0,3	1,73	1,21	2,58	0,96	5,47	0,62	8,60	0,47	13,44	0,37	21,32	0,28	27,08	0,24	34,42	0,21
0,4	2,30	2,06	3,44	1,63	7,30	1,05	11,46	0,81	17,92	0,62	28,43	0,48	36,10	0,41	45,89	0,36
0,5	2,88	3,11	4,30	2,47	9,12	1,59	14,33	1,22	22,39	0,94	35,53	0,72	45,13	0,63	57,36	0,54
0,6	3,45	4,37	5,16	3,46	10,94	2,23	17,19	1,71	26,87	1,32	42,64	1,01	54,16	0,88	68,84	0,76
0,7	4,03	5,81	6,02	4,60	12,77	2,96	20,06	2,28	31,35	1,75	49,74	1,34	63,18	1,17	80,31	1,01
0,8	4,60	7,44	6,87	5,89	14,59	3,79	22,92	2,92	35,83	2,25	56,85	1,72	72,21	1,49	91,78	1,30
0,9	5,18	9,25	7,73	7,32	16,42	4,72	25,79	3,63	40,31	2,79	63,96	2,14	81,23	1,86	103,26	1,61
1	5,75	11,24	8,59	8,90	18,24	5,74	28,65	4,41	44,79	3,40	71,06	2,60	90,26	2,26	114,73	1,96
1,1	6,33	13,41	9,45	10,62	20,07	6,84	31,52	5,26	49,27	4,05	78,17	3,10	99,28	2,69	126,20	2,34
1,2	6,91	15,76	10,31	12,47	21,89	8,04	34,38	6,18	53,75	4,76	85,28	3,64	108,31	3,16	137,67	2,75
1,3	7,48	18,28	11,17	14,47	23,71	9,33	37,25	7,17	58,22	5,52	92,38	4,22	117,34	3,67	149,15	3,19
1,4	8,06	20,97	12,03	16,59	25,54	10,70	40,11	8,22	62,70	6,33	99,49	4,84	126,36	4,21	160,62	3,66
1,5	8,63	23,82	12,89	18,86	27,36	12,15	42,98	9,34	67,18	7,20	106,59	5,50	135,39	4,78	172,09	4,16
1,6	9,21	26,85	13,75	21,25	29,19	13,70	45,84	10,53	71,66	8,11	113,70	6,20	144,41	5,39	183,57	4,69
1,7	9,78	30,04	14,61	23,77	31,01	15,33	48,71	11,78	76,14	9,08	120,81	6,93	153,44	6,03	195,04	5,24
1,8	10,36	33,39	15,47	26,43	32,83	17,04	51,57	13,09	80,62	10,09	127,91	7,71	162,47	6,70	206,51	5,83
1,9	10,93	36,91	16,33	29,21	34,66	18,83	54,44	14,47	85,10	11,15	135,02	8,52	171,49	7,41	217,98	6,44
2	11,51	40,59	17,19	32,12	36,48	20,71	57,30	15,91	89,58	12,26	142,13	9,37	180,52	8,15	229,46	7,08
2,1	12,09	44,42	18,05	35,16	38,31	22,67	60,17	17,42	94,05	13,42	149,23	10,25	189,54	8,92	240,93	7,75
2,2	12,66	48,42	18,90	38,32	40,13	24,70	63,03	18,98	98,53	14,63	156,34	11,18	198,57	9,72	252,40	8,45
2,3	13,24	52,58	19,76	41,61	41,96	26,82	65,90	20,61	103,01	15,88	163,45	12,13	207,60	10,55	263,88	9,18
2,4	13,81	56,89	20,62	45,02	43,78	29,02	68,77	22,30	107,49	17,19	170,55	13,13	216,62	11,42	275,35	9,93
2,5	14,39	61,35	21,48	48,56	45,60	31,30	71,63	24,05	111,97	18,54	177,66	14,16	225,65	12,32	286,82	10,71
2,6	14,96	65,98	22,34	52,22	47,43	33,66	74,50	25,87	116,45	19,93	184,76	15,23	234,67	13,24	298,29	11,52
2,7	15,54	70,75	23,20	56,00	49,25	36,10	77,36	27,74	120,93	21,38	191,87	16,33	243,70	14,20	309,77	12,35
2,8	16,11	75,68	24,06	59,90	51,08	38,61	80,23	29,67	125,41	22,86	198,98	17,47	252,72	15,19	321,24	13,21
2,9	16,69	80,76	24,92	63,92	52,90	41,20	83,09	31,66	129,88	24,40	206,08	18,64	261,75	16,21	332,71	14,10
3	17,26	86,00	25,78	68,06	54,72	43,87	85,96	33,71	134,36	25,98	213,19	19,85	270,78	17,26	344,19	15,01
3,1	17,84	91,38	26,64	72,32	56,55	46,62	88,82	35,83	138,84	27,61	220,30	21,09	279,80	18,34	355,66	15,95
3,2	18,42	96,91	27,50	76,70	58,37	49,44	91,69	38,00	143,32	29,28	227,40	22,37	288,83	19,46	367,13	16,91
3,3	18,99	102,60	28,36	81,20	60,20	52,34	94,55	40,22	147,80	31,00	234,51	23,68	297,85	20,60	378,60	17,91
3,4	19,57	108,43	29,22	85,82	62,02	55,32	97,42	42,51	152,28	32,76	241,62	25,02	306,88	21,77	390,08	18,92
3,5	20,14	114,41	30,08	90,55	63,85	58,37	100,28	44,85	156,76	34,56	248,72	26,40	315,91	22,97	401,55	19,97
3,6	20,72	120,53	30,94	95,40	65,67	61,50	103,15	47,26	161,24	36,42	255,83	27,82	324,93	24,20	413,02	21,04
3,7	21,29	126,81	31,79	100,36	67,49	64,70	106,01	49,72	165,71	38,31	262,93	29,27	333,96	25,46	424,50	22,13
3,8	21,87	133,23	32,65	105,44	69,32	67,97	108,88	52,23	170,19	40,25	270,04	30,75	342,98	26,75	435,97	23,25
3,9	22,44	139,79	33,51	110,64	71,14	71,32	111,74	54,81	174,67	42,23	277,15	32,26	352,01	28,06	447,44	24,40
4	23,02	146,50	34,37	115,95	72,97	74,74	114,61	57,44	179,15	44,26	284,25	33,81	361,03	29,41	458,91	25,57

TOM PVC-O 500 PN20

D. INTERIOR	DN90 83,4		DN110 102,2		DN160 149,2		DN200 186,4		DN250 233,6		DN315 294,4		DN355 332		DN400 374	
	Velocidad (m/s)	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s								
0,1	0,55	0,16	0,82	0,13	1,75	0,08	2,73	0,06	4,29	0,05	6,81	0,04	8,66	0,03	10,99	0,03
0,2	1,09	0,59	1,64	0,46	3,50	0,30	5,46	0,23	8,57	0,18	13,61	0,13	17,31	0,12	21,97	0,10
0,3	1,64	1,24	2,46	0,98	5,25	0,63	8,19	0,49	12,86	0,37	20,42	0,28	25,97	0,25	32,96	0,22
0,4	2,19	2,11	3,28	1,67	6,99	1,07	10,92	0,83	17,14	0,64	27,23	0,49	34,63	0,42	43,94	0,37
0,5	2,73	3,19	4,10	2,52	8,74	1,62	13,64	1,25	21,43	0,96	34,04	0,73	43,28	0,64	54,93	0,55
0,6	3,28	4,48	4,92	3,53	10,49	2,27	16,37	1,75	25,72	1,35	40,84	1,03	51,94	0,89	65,92	0,78
0,7	3,82	5,96	5,74	4,70	12,24	3,02	19,10	2,33	30,00	1,79	47,65	1,37	60,60	1,19	76,90	1,03
0,8	4,37	7,63	6,56	6,02	13,99	3,87	21,83	2,98	34,29	2,29	54,46	1,75	69,26	1,52	87,89	1,32
0,9	4,92	9,48	7,38	7,48	15,74	4,81	24,56	3,71	38,57	2,85	61,26	2,18	77,91	1,89	98,87	1,65
1	5,46	11,53	8,20	9,09	17,48	5,85	27,29	4,51	42,86	3,47	68,07	2,65	86,57	2,30	109,86	2,00
1,1	6,01	13,75	9,02	10,85	19,23	6,98	30,02	5,38	47,14	4,14	74,88	3,16	95,23	2,74	120,84	2,39
1,2	6,56	16,16	9,84	12,75	20,98	8,20	32,75	6,32	51,43	4,86	81,69	3,71	103,88	3,22	131,83	2,81
1,3	7,10	18,74	10,66	14,78	22,73	9,51	35,48	7,33	55,72	5,64	88,49	4,30	112,54	3,74	142,82	3,25
1,4	7,65	21,50	11,48	16,96	24,48	10,91	38,20	8,41	60,00	6,46	95,30	4,94	121,20	4,29	153,80	3,73
1,5	8,19	24,43	12,31	19,27	26,23	12,39	40,93	9,56	64,29	7,34	102,11	5,61	129,85	4,87	164,79	4,24
1,6	8,74	27,53	13,13	21,71	27,97	13,97	43,66	10,77	68,57	8,28	108,91	6,32	138,51	5,49	175,77	4,78
1,7	9,29	30,80	13,95	24,29	29,72	15,62	46,39	12,05	72,86	9,26	115,72	7,07	147,17	6,15	186,76	5,35
1,8	9,83	34,24	14,77	27,01	31,47	17,37	49,12	13,40	77,15	10,29	122,53	7,86	155,83	6,83	197,75	5,95
1,9	10,38	37,84	15,59	29,85	33,22	19,20	51,85	14,81	81,43	11,38	129,34	8,69	164,48	7,55	208,73	6,57
2	10,93	41,61	16,41	32,83	34,97	21,11	54,58	16,28	85,72	12,51	136,14	9,55	173,14	8,30	219,72	7,23
2,1	11,47	45,55	17,23	35,93	36,72	23,11	57,31	17,82	90,00	13,70	142,95	10,46	181,80	9,09	230,70	7,91
2,2	12,02	49,64	18,05	39,16	38,46	25,19	60,03	19,43	94,29	14,93	149,76	11,40	190,45	9,91	241,69	8,62
2,3	12,56	53,90	18,87	42,52	40,21	27,35	62,76	21,09	98,57	16,21	156,56	12,38	199,11	10,76	252,67	9,36
2,4	13,11	58,32	19,69	46,01	41,96	29,59	65,49	22,82	102,86	17,54	163,37	13,39	207,77	11,64	263,66	10,13
2,5	13,66	62,90	20,51	49,62	43,71	31,91	68,22	24,61	107,15	18,92	170,18	14,44	216,42	12,55	274,65	10,92
2,6	14,20	67,64	21,33	53,36	45,46	34,32	70,95	26,47	111,43	20,34	176,99	15,53	225,08	13,50	285,63	11,75
2,7	14,75	72,54	22,15	57,22	47,21	36,80	73,68	28,38	115,72	21,81	183,79	16,65	233,74	14,47	296,62	12,60
2,8	15,30	77,59	22,97	61,21	48,95	39,37	76,41	30,36	120,00	23,33	190,60	17,81	242,40	15,48	307,60	13,47
2,9	15,84	82,80	23,79	65,32	50,70	42,01	79,14	32,40	124,29	24,90	197,41	19,01	251,05	16,52	318,59	14,38
3	16,39	88,17	24,61	69,55	52,45	44,73	81,87	34,50	128,58	26,51	204,21	20,24	259,71	17,59	329,58	15,31
3,1	16,93	93,69	25,43	73,91	54,20	47,53	84,59	36,66	132,86	28,17	211,02	21,51	268,37	18,69	340,56	16,27
3,2	17,48	99,36	26,25	78,38	55,95	50,41	87,32	38,88	137,15	29,88	217,83	22,81	277,02	19,83	351,55	17,25
3,3	18,03	105,19	27,07	82,98	57,70	53,37	90,05	41,16	141,43	31,63	224,64	24,15	285,68	20,99	362,53	18,27
3,4	18,57	111,17	27,89	87,69	59,44	56,40	92,78	43,50	145,72	33,43	231,44	25,52	294,34	22,18	373,52	19,30
3,5	19,12	117,30	28,71	92,53	61,19	59,51	95,51	45,90	150,00	35,27	238,25	26,93	302,99	23,41	384,50	20,37
3,6	19,67	123,58	29,53	97,49	62,94	62,70	98,24	48,36	154,29	37,16	245,06	28,37	311,65	24,66	395,49	21,46
3,7	20,21	130,01	30,35	102,56	64,69	65,96	100,97	50,87	158,58	39,09	251,86	29,85	320,31	25,94	406,48	22,58
3,8	20,76	136,59	31,17	107,75	66,44	69,30	103,70	53,45	162,86	41,07	258,67	31,36	328,96	27,26	417,46	23,72
3,9	21,31	143,32	31,99	113,06	68,19	72,71	106,43	56,08	167,15	43,10	265,48	32,90	337,62	28,60	428,45	24,89
4	21,85	150,20	32,81	118,49	69,93	76,20	109,15	58,77	171,43	45,17	272,29	34,48	346,28	29,97	439,43	26,08

TOM PVC-O 500 PN25

D. INTERIOR	DN90 82		DN110 100,6		DN160 146,4		DN200 183,4		DN250 229,6		DN315 289,4		DN355 326,4		DN400 368	
	Velocidad (m/s)	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s	J m/km	Caudal l/s										
0,1	0,53	0,17	0,79	0,13	1,68	0,08	2,64	0,06	4,14	0,05	6,58	0,04	8,37	0,03	10,64	0,03
0,2	1,06	0,60	1,59	0,47	3,37	0,30	5,28	0,23	8,28	0,18	13,16	0,14	16,73	0,12	21,27	0,10
0,3	1,58	1,26	2,38	1,00	5,05	0,64	7,93	0,49	12,42	0,38	19,73	0,29	25,10	0,25	31,91	0,22
0,4	2,11	2,15	3,18	1,70	6,73	1,10	10,57	0,84	16,56	0,65	26,31	0,49	33,47	0,43	42,54	0,37
0,5	2,64	3,26	3,97	2,57	8,42	1,66	13,21	1,27	20,70	0,98	32,89	0,75	41,84	0,65	53,18	0,57
0,6	3,17	4,57	4,77	3,60	10,10	2,32	15,85	1,79	24,84	1,37	39,47	1,05	50,20	0,91	63,82	0,79
0,7	3,70	6,07	5,56	4,79	11,78	3,09	18,49	2,37	28,98	1,83	46,05	1,39	58,57	1,21	74,45	1,05
0,8	4,22	7,78	6,36	6,13	13,47	3,96	21,13	3,04	33,12	2,34	52,62	1,79	66,94	1,55	85,09	1,35
0,9	4,75	9,67	7,15	7,62	15,15	4,92	23,78	3,78	37,26	2,91	59,20	2,22	75,31	1,93	95,73	1,68
1	5,28	11,76	7,95	9,26	16,83	5,98	26,42	4,60	41,40	3,54	65,78	2,70	83,67	2,35	106,36	2,04
1,1	5,81	14,03	8,74	11,05	18,52	7,13	29,06	5,48	45,54	4,22	72,36	3,22	92,04	2,80	117,00	2,43
1,2	6,34	16,48	9,54	12,98	20,20	8,38	31,70	6,44	49,68	4,96	78,93	3,78	100,41	3,29	127,63	2,86
1,3	6,87	19,11	10,33	15,06	21,88	9,72	34,34	7,47	53,82	5,75	85,51	4,39	108,78	3,81	138,27	3,32
1,4	7,39	21,92	11,13	17,27	23,57	11,15	36,98	8,57	57,96	6,60	92,09	5,03	117,14	4,38	148,91	3,80
1,5	7,92	24,91	11,92	19,63	25,25	12,67	39,63	9,74	62,10	7,49	98,67	5,72	125,51	4,97	159,54	4,32
1,6	8,45	28,08	12,72	22,12	26,93	14,28	42,27	10,98	66,25	8,45	105,25	6,45	133,88	5,60	170,18	4,87
1,7	8,98	31,41	13,51	24,75	28,62	15,97	44,91	12,28	70,39	9,45	111,82	7,21	142,25	6,27	180,81	5,45
1,8	9,51	34,92	14,31	27,51	30,30	17,76	47,55	13,65	74,53	10,50	118,40	8,02	150,61	6,97	191,45	6,06
1,9	10,03	38,60	15,10	30,41	31,98	19,63	50,19	15,09	78,67	11,61	124,98	8,86	158,98	7,70	202,09	6,70
2	10,56	42,44	15,90	33,44	33,67	21,58	52,83	16,59	82,81	12,77	131,56	9,75	167,35	8,47	212,72	7,36
2,1	11,09	46,45	16,69	36,60	35,35	23,62	55,48	18,16	86,95	13,97	138,14	10,67	175,72	9,27	223,36	8,06
2,2	11,62	50,63	17,49	39,89	37,03	25,75	58,12	19,80	91,09	15,23	144,71	11,63	184,08	10,10	234,00	8,78
2,3	12,15	54,98	18,28	43,31	38,72	27,96	60,76	21,50	95,23	16,54	151,29	12,62	192,45	10,97	244,63	9,54
2,4	12,67	59,49	19,08	46,86	40,40	30,25	63,40	23,26	99,37	17,90	157,87	13,66	200,82	11,87	255,27	10,32
2,5	13,20	64,16	19,87	50,54	42,08	32,63	66,04	25,08	103,51	19,30	164,45	14,73	209,18	12,80	265,90	11,13
2,6	13,73	68,99	20,67	54,35	43,77	35,08	68,68	26,97	107,65	20,75	171,03	15,84	217,55	13,77	276,54	11,97
2,7	14,26	73,99	21,46	58,29	45,45	37,62	71,33	28,93	111,79	22,26	177,60	16,99	225,92	14,76	287,18	12,84
2,8	14,79	79,14	22,26	62,35	47,13	40,25	73,97	30,94	115,93	23,81	184,18	18,17	234,29	15,79	297,81	13,73
2,9	15,31	84,45	23,05	66,53	48,82	42,95	76,61	33,02	120,07	25,41	190,76	19,39	242,65	16,85	308,45	14,65
3	15,84	89,93	23,85	70,84	50,50	45,73	79,25	35,16	124,21	27,05	197,34	20,65	251,02	17,95	319,09	15,60
3,1	16,37	95,56	24,64	75,28	52,18	48,59	81,89	37,36	128,35	28,75	203,91	21,94	259,39	19,07	329,72	16,58
3,2	16,90	101,34	25,44	79,84	53,87	51,54	84,54	39,62	132,49	30,49	210,49	23,27	267,76	20,22	340,36	17,58
3,3	17,43	107,29	26,23	84,52	55,55	54,56	87,18	41,95	136,63	32,27	217,07	24,64	276,12	21,41	350,99	18,61
3,4	17,96	113,38	27,02	89,32	57,23	57,66	89,82	44,33	140,77	34,11	223,65	26,04	284,49	22,63	361,63	19,67
3,5	18,48	119,64	27,82	94,25	58,92	60,84	92,46	46,77	144,91	35,99	230,23	27,47	292,86	23,87	372,27	20,76
3,6	19,01	126,04	28,61	99,30	60,60	64,10	95,10	49,28	149,05	37,92	236,80	28,94	301,23	25,15	382,90	21,87
3,7	19,54	132,60	29,41	104,47	62,28	67,43	97,74	51,84	153,19	39,89	243,38	30,45	309,59	26,46	393,54	23,01
3,8	20,07	139,32	30,20	109,75	63,97	70,85	100,39	54,47	157,33	41,91	249,96	31,99	317,96	27,80	404,17	24,17
3,9	20,60	146,18	31,00	115,16	65,65	74,34	103,03	57,15	161,47	43,98	256,54	33,57	326,33	29,17	414,81	25,36
4	21,12	153,20	31,79	120,69	67,33	77,91	105,67	59,90	165,61	46,09	263,12	35,18	334,70	30,57	425,45	26,58

GOLPE DE ARIETE

Para determinar las posibles sobrepresiones (P) producidas por el golpe de ariete se deberá obtener la celeridad (a), que es una característica de la tubería y del fluido que transporta, y evaluar el cambio en la velocidad del agua (V) que se puede producir en aperturas o cierres de válvulas o por arranque o paro de bombas.

$$P = \frac{a \cdot V}{g} ; a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K_c \cdot \frac{D_m}{e}}} ; K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

TUBERÍA TOM PN16

TUBERÍA TOM PN16			
V	a	P (golpe de ariete)	
m/s	m/s	m	bar
0,5	293	15	1,5
1,0	293	30	3,0
1,5	293	45	4,5
2,0	293	60	6,0
2,5	293	75	7,5
3,0	293	90	9,0
3,5	293	105	10,5
4,0	293	119	11,9

TUBERÍA FUNDICIÓN K9

TUBERÍA FUNDICIÓN K9			
V	a	P (golpe de ariete)	
m/s	m/s	m	bar
0,5	1100	56	5,6
1,0	1100	112	11,2
1,5	1100	168	16,8
2,0	1100	224	22,4
2,5	1100	280	28,0
3,0	1100	336	33,6
3,5	1100	392	39,2
4,0	1100	449	44,9

· El efecto del aire atrapado en las tuberías durante el llenado puede ser muy perjudicial en el golpe de ariete y provocar sobrepresiones mucho más elevadas que las indicadas en las tablas anteriores. Por ello se deben seguir las siguientes recomendaciones:

· El llenado de la tubería se debe realizar siempre a baja velocidad, aproximadamente a 0,05 m/s, y por el punto más bajo de la conducción.

· Instalar dispositivos de purga de aire (ventosas de doble efecto) en los puntos altos de cada tramo. En la operación de llenado se deben dejar abiertos los elementos que puedan evacuar el aire (válvulas), y cerrarlos desde abajo a arriba en la conducción según se vaya llenando de agua.

COEFICIENTES DE REDUCCIÓN: TEMPERATURA Y APLICACIÓN

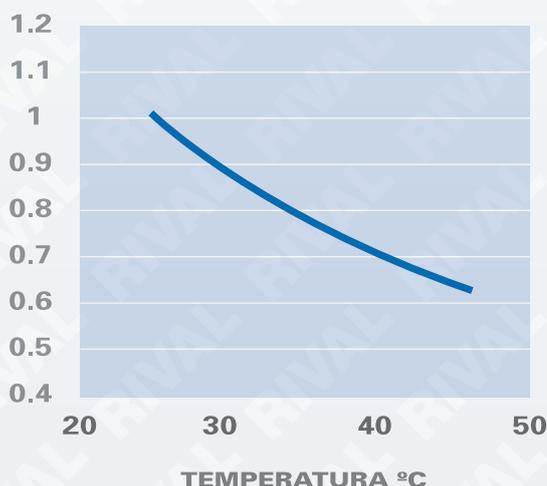
La Presión de Funcionamiento Admisible (PFA) de la tubería puede verse minorada con respecto a la Presión Nominal (PN) por temperaturas elevadas (superiores a 25° C) o por aplicaciones exigentes o agresivas.

$$PFA = PN \cdot f_T \cdot f_A$$

El coeficiente de reducción por temperatura (f_T) se obtiene del gráfico de la derecha. El coeficiente de reducción por aplicación (f_A) se debe determinar por el proyectista.

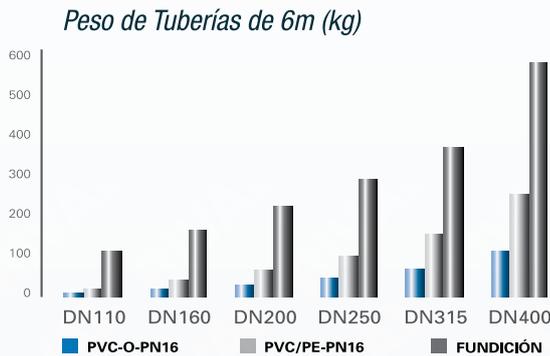
NOTA: El diseño de un proyecto y la ejecución de la obra son responsabilidad del proyectista y del constructor, respectivamente.

Gráfico de coeficiente por temperatura



INSTALACIÓN RÁPIDA Y ECONÓMICA

La tubería orientada TOM pesa menos de la mitad que las tuberías de PVC y PE, y entre seis y doce veces menos por metro lineal que la tubería de fundición de un diámetro exterior nominal equivalente. Su ligereza permite el alzado sin necesidad de ayuda mecánica, como grúas, plumas, etcétera, hasta diámetro 400, lo que abarata considerablemente el coste global de la instalación.



La indestructibilidad de la tubería TOM hace que la manipulación pueda realizarse con mayores rendimientos de descarga, colocación en zanja y conexión entre tuberías. Además, la facilidad de conexión de las tuberías entre sí proporciona unos rendimientos muy elevados: puede ocuparse de ello personal de menor cualificación y sin ayuda de maquinaria hasta el DN400.

Por todo ello, la tubería TOM es la que proporciona mayor rendimiento de instalación en metros/hora de montaje frente a otras soluciones.

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO SENCILLO

Las características de la tubería TOM facilitan al máximo las tareas de transporte y almacenamiento, lo que proporciona una significativa reducción de costes.

Para optimizar el transporte, se recomienda seguir las siguientes pautas:

- Si se van a transportar diferentes diámetros en un mismo envío, colocar primero los diámetros mayores en la parte baja.
- Dejar libres las copas, alternando campanas y espigos.

Para no perjudicar la tubería durante el almacenamiento, se aconseja:

- Almacenar los tubos horizontalmente en una zona plana sobre apoyos colocados cada 1,5 metros para evitar la posible flexión del producto.
- Las campanas deben quedar libres, intercalando campanas y espigos.
- Evite una exposición prolongada al sol de la tubería y cuidar de mantener ventilación para evitar su sobrecalentamiento.

Rendimientos en la instalación (m/hora)



Costo de la instalación (dolar/m)



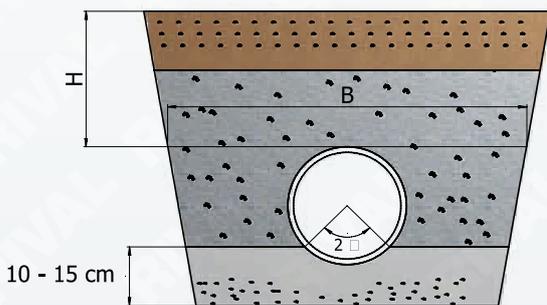
EXCAVACIÓN

Aunque no se descartan otras aplicaciones, la tubería TOM está especialmente indicada para instalaciones enterradas. Las dimensiones de la zanja dependerán de las cargas a las que vaya a estar sometida la tubería (tráfico, tierras, etcétera). Como regla general, cuando no exista tráfico la generatriz superior del tubo estará a una profundidad mínima de 0,6 metros, ampliándose en el caso de tráfico rodado a una profundidad mínima de 1 metro. La anchura mínima de la zanja vendrá determinada por las siguientes tablas:

DN	Anchura mínima de zanja, B (m)
90 - 250	0,60
315	0,85
355-400	1,10

Profundidad de zanja, H (m)	Anchura mínima de zanja, B (m)
$H < 1,00$	0,60
$1,00 < H < 1,75$	0,80
$1,75 < H < 4,00$	0,90
$H > 4,00$	1,00

Dimensiones de la zanja



El fondo de la zanja debe asegurar un apoyo homogéneo, uniforme y firme a todo lo largo de la tubería.

Para un óptimo comportamiento de la instalación, se debe crear un lecho con material granular de entre 10 y 15 cm por debajo de la superficie donde se apoyará el tubo. La tubería no puede reposar en ningún caso directamente sobre rocas o piedras grandes.

ENSAMBLAJE

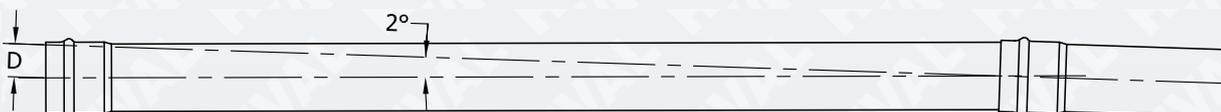
- Se debe de verificar que las juntas están limpias interna y externamente.
- Para facilitar el ensamblaje, se recomienda lubricar el espigo y la campana con jabones lubricantes.
- Alinear los extremos de las tuberías e introducir el espigo en su alojamiento.
- Para la introducción del tubo se pueden emplear palancas (se utilizarán materiales que no dañen el tubo, tales como madera), tractel o eslingas, aunque en diámetros pequeños, debido al sistema de unión por junta elástica y la ligereza del tubo, es suficiente con un movimiento manual rápido y seco.

DESVIACIONES ANGULARES

En la instalación se permiten desviaciones angulares en la junta de unión entre tubos, de tal manera que la conducción se pueda ir adaptando al trazado. Ver anexo curvaturas admisibles en zanjas

DN	Desviación angular máxima ángulo (°)	Desplazamiento D (mm) ⁽¹⁾
90-400	2°	200

(1) Tubos de 6 metros



ANCLAJES

Las tuberías sometidas a presión hidrostática interna están sujetas a **fuerzas de empuje** en todos los cambios de dirección (desviación angular de la tubería, codos, curvas, etcétera) y en piezas y elementos que impliquen un cambio en la sección de paso (reducciones, válvulas, derivaciones, desagües, etcétera). Estas fuerzas pueden llegar a ser muy importantes y provocar movimientos en el terreno y desacoples entre los tubos. La fuerza de empuje de forma general puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\text{Fuerza (kg)} = k \cdot \text{Presión (bar)} \cdot \text{Sección Tubería (cm}^2\text{)}$$

En tapones ciegos y en tes a 90°: $k=1$

En reducciones: $k=1 - \frac{\text{Sección menor}}{\text{Sección mayor}}$

En cambios de dirección: $k=2 \cdot \sin \frac{\beta}{2}$

Es importante que el hormigón se vierta directamente contra el terreno ya posicionado y tenga una resistencia mecánica suficiente. En el momento de diseñar los anclajes, no se debe olvidar que las **juntas deben estar libres**, con el fin de permitir su posterior inspección durante las pruebas hidráulicas.



RELLENO DE LA ZANJA

Una vez colocados los tubos en la línea central de la zanja, se procede al relleno a ambos lados, nunca encima del tubo, **con un material fino, libre de piedras y similar al de la cama del lecho**, compactado en capas de entre 15 y 25 cm de altura y hasta llegar a una altura de 30 cm sobre el tubo. El grado

de compactación debe de ser superior al 95% Proctor Normal. Es especialmente importante que no queden espacios sin rellenar por debajo del tubo. A partir de ahí, puede usarse para el relleno tierras procedentes de la excavación, compactada en capas sucesivas de altura no superior a 20 cm y con un grado de compactación 100% Proctor Normal.

PRUEBAS EN OBRA Y PUESTA EN SERVICIO

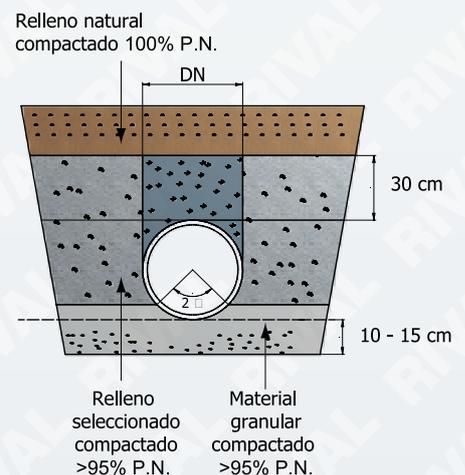
En todo lo relativo a la instalación, pruebas en obra y puesta en servicio se tiene que seguir los procedimientos de la **norma UNE-EN 805:2000 Abastecimiento de agua**. A medida que se vaya ejecutando el montaje se debe ir probando la tubería instalada en tramos completamente ejecutados (la longitud podrá variar entre 500 y 1.000 metros). Se cerrarán los extremos del tramo en prueba con piezas adecuadas, la tubería deberá estar parcialmente rellena con las uniones descubiertas.

La presión de prueba (STP) en N/mm² (0,1 N/mm² = 1 atm) será:

- Si el golpe de ariete ha sido calculado en detalle: $STP = MDP + 0,1$
- Si el golpe de ariete ha sido estimado, se cogerá el menor valor entre:
 $STP = MDP + 0,5$ y $STP = 1,5 \cdot MDP$

MDP es la presión máxima de diseño, es decir, la máxima presión que puede alcanzarse en una tubería incluyendo el efecto del golpe de ariete.

Disposición del relleno



CURVATURAS DEL TUBO EN FRÍO (23°C) ADMISIBLES EN ZANJA

Las tuberías se podrán curvar en zanja en frío (temperatura ambiente) hasta los límites determinados en la siguiente tabla. Estas curvaturas se deberán de hacer siempre en frío (sin calentar ninguna parte de la tubería o de la copa) mediante esfuerzos manuales (se podrán utilizar elementos simples de ayuda en caso de los tubos de DN>250) y sin dañar la geometría de los enchufes.

\varnothing = Diámetro exterior, OD, máximo dellubo

$$R = 200 \varnothing$$

$$\vartheta^\circ = \frac{180L}{\pi R}$$

$$S = 2R \times \text{sen} \frac{\vartheta^\circ}{2}$$

$$A = S \times \text{sen} \frac{\vartheta^\circ}{2}$$

$$B = R - R \times \cos \frac{\vartheta^\circ}{2}$$

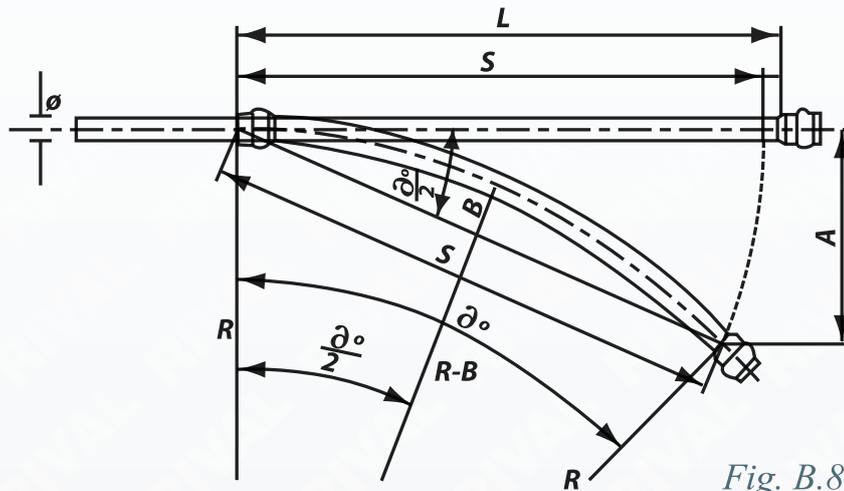


Fig. B.8

Fig. B.8 - Dimensiones relativas a la curvatura del tubo

DN mm	L m	R m	$\vartheta/2$ grados	A m
90	5,84	18	9,3	0,94
110	5,83	22	7,6	0,77
160	5,80	32	5,2	0,52
200	5,78	40	4,1	0,42
250	5,74	50	3,3	0,33
315	5,68	63	2,6	0,26
355	5,66	71	2,4	0,24
400	5,64	80	2,0	0,20

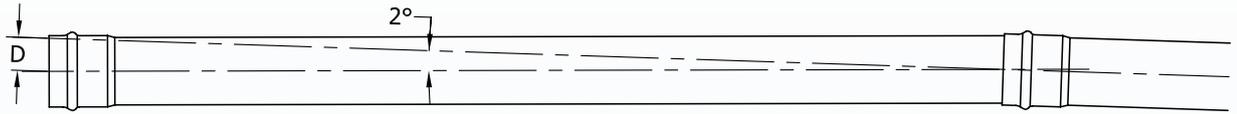
Las tuberías pueden ser sometidas a mayores curvaturas con esfuerzos altos, pero no se recomienda superar estos límites para no comprometer los coeficientes de seguridad de cálculo de la tubería.

DESVIACIÓN ANGULAR PERMITIDA EN LA COPA

Además de la curvatura del tubo está permitida una desviación angular en la unión entre tubos. Por lo tanto en el trazado de las tuberías se pueden sumar ambos efectos.

Es importante que al realizar la curvatura del tubo no se superen los valores establecidos de desviación angular en la copa-enchufe.

(1) Tubos de 6 metros de longitud total



DN mm	Desviación angular máxima ángulo (°)	Desplazamiento en la copa Dm ⁽¹⁾
90 - 400	2°	0,20

Las uniones de la tubería pueden ser sometidas a mayores desviaciones angulares si son sometidas a esfuerzos altos. No se recomiendan superar esos límites para no comprometer los coeficientes de seguridad de dichas uniones sometidas a presión.

CONTRAESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA CURVATURA DEL TUBO

La tubería sometida a un curvado viene a comportarse como una curva de ángulo reducido, ello significa que se producen unas contra presiones sobre el terreno según la siguiente tabla. Estas contra presiones en condiciones normales pueden ser soportadas por el terreno suficientemente compactado, en caso contrario si fuese necesario en curvaturas excesivas habría que apoyar con anclajes.

(2) esfuerzos en cada tubo de 6 metros

ESFUERZOS EN UN TUBO CURVADO EN ($\varnothing/2$) ⁽²⁾						
	bar	bar	bar	bar	bar	bar
DN	1	5	10	15	20	25
mm	kN	kN	kN	kN	kN	kN
90	0,10	0,52	1,03	1,55	2,06	2,58
110	0,13	0,63	1,26	1,89	2,52	3,15
160	0,18	0,91	1,82	2,73	3,64	4,55
200	0,23	1,13	2,27	3,40	4,54	5,67
250	0,28	1,41	2,82	4,23	5,63	7,04
315	0,35	1,76	3,51	5,27	7,03	8,78
355	0,39	1,96	3,93	5,89	7,86	9,82
400	0,44	2,21	4,43	6,64	8,86	11,07

Estamos siempre atentos a los avances tecnológicos que se dan a nivel mundial en nuestra industria, gracias a lo cual somos capaces de desarrollar nuevos y mejores productos que sustituyen a los tradicionales, y nos permiten estar un paso adelante.

Poseemos tres plantas industriales, una en Cuenca, otra en Guayaquil y una en Lima, Perú, estratégicamente ubicadas para la fabricación de tuberías y conexiones.



La confianza en uno mismo, es el primer secreto del éxito

www.plasticosrival.com

RIVAL
+ t u b o s +

TOM
TUBERÍA ORIENTACIÓN MOLECULAR



DE

SA

EXCELENCIA EN CONDUCCIÓN DE AGUA A PRESIÓN

RRO

LLO

RIVAL
+ t u b o s +

Tom
TUBERÍA ORIENTACIÓN MOLECULAR





RIVAL
+ t u b o s +

TOM
TUBERÍA ORIENTACIÓN MOLECULAR

www.plasticosrival.com

ORGANISMOS CERTIFICADORES

Certificador de producto



Certificadores de Sistemas de Gestión



Acreditador de Laboratorio



Servicio de Acreditación Ecuatoriano

Acreditación N° SAE LEN 19-010
LABORATORIO DE ENSAYOS

TERCERA EDICIÓN: Septiembre 2023