

SISTEMAS DE POZOS ESTANCOS EN REDES DE SANEAMIENTO

Juan Vicente Pastor Martín

Jefe Infraestructuras de Adegua

Ingeniero de Minas

juan.pastor@adequa.es

Resumen

Un producto es sostenible cuando satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. En este sentido, es importante que dicho producto tenga un ciclo de vida largo, sea por tanto duradero, pero al mismo tiempo que durante su ciclo de vida el consumo de recursos sea mínimo, en particular el gasto energético, igual que mínima debe ser su repercusión en el entorno social y medioambiental. La creciente preocupación por el consumo energético y el respeto al medio ambiente nos encamina a desarrollar materiales con una serie de características que contribuyan a una alta sostenibilidad del producto. Con este criterio, Adegua trabaja en la fabricación de tuberías para sistemas de redes enterradas que en su ciclo de vida (materias primas, fabricación, transporte, diseño hidráulico, instalación y manipulación) aporten soluciones que favorezcan el ahorro energético y la reducción de emisiones de CO₂, contribuyendo así a la mejora del medio ambiente y consiguiendo una mayor eficiencia energética en las redes hidráulicas tanto para abastecimiento como para saneamiento.

1.- INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las instalaciones hidráulicas debe tener en cuenta determinadas exigencias sociales y medioambientales. Un sistema hidráulico debe estar diseñado y ejecutado para conseguir los niveles de durabilidad, de ahorro energético y de protección del medio ambiente que demanda nuestra sociedad actual, aunque al mismo tiempo debe contribuir a preservar al máximo los recursos disponibles para las generaciones futuras.

Dichos requisitos han influido de forma muy significativa en el desarrollo de nuevos sistemas de tuberías, en los que, tanto la composición, estructura y morfología de los tubos como el diseño de los diferentes componentes de la red, tienen por objetivo conseguir instalaciones más seguras, más duraderas, más estancas y con menores costes de explotación. Esta optimización de las características de la instalación se puede conseguir además con materiales que producen un menor consumo energético, y por tanto una menor emisión de CO₂ a la atmósfera, durante todo el ciclo de vida de dicha instalación. En definitiva la elección de los materiales empleados en las redes hidráulicas debe contribuir también a un desarrollo sostenible de cara a las necesidades

futuras. En este sentido los materiales plásticos presentan numerosas ventajas que inciden positivamente en los requisitos mencionados, y que detallamos a continuación.



Figura 1. Las tuberías URATOP son muy fáciles de instalar.

2.- CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDUCCIONES PLÁSTICAS EN REDES ENTERRADAS

El uso de materiales plásticos en las tuberías hidráulicas tiene múltiples ventajas como son:

- **Resistencia química.** Las tuberías plásticas poseen resistencias muy altas frente a los terrenos agresivos y frente a los productos presentes en las aguas que transportan. El PVC es especialmente resistente al ataque de grasas, aceites minerales y combustibles, tan frecuentes en las aguas urbanas de escorrentía.
- **Ausencia de corrosión.** Los plásticos en general son inertes a los efectos de la corrosión. Esto supone una ventaja importante, ya que el material de las conducciones no debe oxidarse por corrosión aerobia ni sufrir corrosión anaerobia provocada por los componentes de las aguas circulantes y de los terrenos circundantes.
- **Resistencia a la abrasión.** Las conducciones deben ser resistentes a la abrasión del aguijete de las partículas sólidas arrastradas por los efluentes. Los menores valores de rugosidad interna de las tuberías plásticas repercuten de forma favorable en su comportamiento frente a la abrasión.
- **Deposiciones e incrustaciones.** La falta de porosidad de la superficie interna de las tuberías plásticas evita que se produzcan incrustaciones de materiales que contiene o arrastra el agua, al tiempo que minimiza el efecto de las deposiciones de partículas sólidas en la instalación.
- **Rendimiento y costes de instalación.** Las tuberías plásticas son en general muy ligeras. Esta característica redundará en costes de manipulación y montaje muy bajos, ya que se obtiene un importante ahorro tanto en la maquinaria como en el personal necesario durante la instalación. Además, el bajo peso incrementa muy considerablemente el rendimiento de la obra lo que produce una reducción del plazo, y por tanto de los costes fijos, que puede ser determinante para la viabilidad económica del proyecto.
- **Seguridad en el montaje.** Otra ventaja del bajo peso de estas tuberías es la mayor seguridad del personal que realiza la instalación. Para tuberías profundas, donde es necesario realizar la entibación de las paredes de la zanja, el tiempo de permanencia de los operarios en la misma es crítico para la seguridad en la obra.

- **Flexibilidad de la conducción.** Con frecuencia las conducciones de una red se ven sometidas a esfuerzos y deformaciones producidos por asentamientos diferenciales del terreno, lo cual no debe ser causa de roturas o de fugas. Una conducción plástica de uniones elásticas se adapta a los asentamientos, absorbiendo fácilmente las tensiones producidas.
- **Golpe de ariete.** La sobrepresión generada por el golpe de ariete depende directamente del módulo de Young o módulo elástico del material. En los materiales plásticos el valor del módulo elástico es sensiblemente más bajo que en otros materiales, por lo que el efecto del golpe de ariete es menor. Se reduce así la posibilidad de roturas en las aperturas y cierres de las redes y en los arranques de las impulsiones.

Además de las características anteriores, en una conducción hidráulica se deben tener en cuenta otros factores que repercutirán muy decisivamente en el funcionamiento y ahorro económico de la red y en la vida de la instalación, tales como la resistencia mecánica del material de la conducción, la capacidad hidráulica de la tubería o la estanqueidad del sistema de unión entre tubos.

A continuación describimos dos soluciones desarrolladas desde hace ya tiempo por la empresa Adequa, una para conducciones con presión interior, de aplicación en redes de abastecimiento e impulsión de residuales, y otra para conducciones por gravedad apropiada para sistemas de saneamiento. En ambos casos se consigue una mejora importante de los factores mencionados al tratarse de productos de muy alta sostenibilidad que optimizan el funcionamiento, coste y durabilidad de la instalación.



Figura 2. Tubería URATOP.

3.- OPTIMIZACIÓN DE REDES DE AGUA CON PRESIÓN. TUBERÍAS DE PVC-O

El PVC es un polímero de estructura amorfa constituido por macromoléculas dispuestas de forma aleatoria. Si al PVC se le somete a un estiramiento controlado bajo determinadas condiciones de presión, temperatura y velocidad, es posible ordenar las macromoléculas en la dirección en la que se ha producido dicho estiramiento. Se consigue de esta forma la orientación molecular del polímero, lo que proporciona un incremento muy considerable de la resistencia mecánica, dando lugar además a otras mejoras importantes en el comportamiento del material, como más adelante se detalla. El nuevo material se denomina PVC-O para distinguirlo del material original, PVC, también llamado PVC-U.

Según sea el valor del estiramiento producido, mayor o menor será la orientación molecular, por lo que pueden obtenerse diferentes niveles de comportamiento del material en función del llamado grado de orientación.

En el caso de las tuberías, en la normativa correspondiente a las tuberías de PVC-O, el diferente grado de orientación molecular da lugar a distintas “clases de material” que se clasifican según su MRS (resistencia mínima requerida).

La clase 500, que es la clase de material más alta contemplada en la norma del producto, se corresponde con las propiedades del material de mejor comportamiento de entre todas las posibles.

Con el proceso de orientación la tubería adquiere unas extraordinarias propiedades físicas y mecánicas manteniendo las ventajas químicas del PVC. Ello da lugar a una vida útil casi interminable.

3.1. Resistencia mecánica

Resistencia a tracción

Si consideramos la curva Esfuerzo-Deformación de los materiales termoplásticos podemos observar el diferente comportamiento que tienen unos respecto a otros (ver gráfica --).

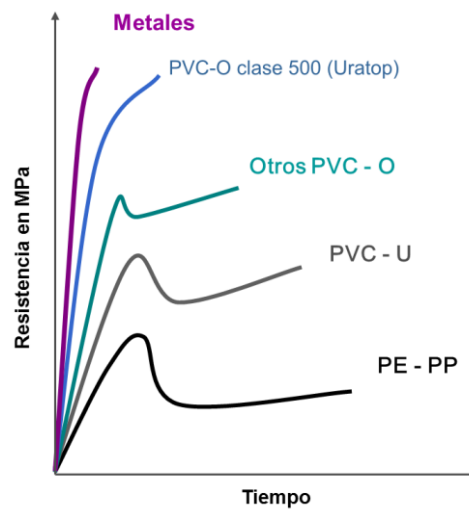


Figura 3. Curvas esfuerzo-deformación

La orientación molecular produce una transformación del comportamiento del material en su curva Esfuerzo-Deformación. En el extremo, con una orientación máxima como la que corresponde a la tubería de la clase 500, las diferencias se acentúan al máximo dando lugar a un comportamiento en el que el material prácticamente trabaja sólo en la fase elástica y el límite elástico se sitúa casi en el propio límite de rotura, siendo éste de un valor del orden del doble del que corresponde al PVC-U.

El comportamiento es muy parecido al de los metales. Pese a estar fabricada en un material plástico, su comportamiento es casi 100% elástico lo que la convierte en una solución de una garantía altísima al combinar la excepcional resistencia mecánica con un magnífico comportamiento químico e hidráulico, propio de los materiales plásticos.

Resistencia hidrostática a largo plazo

Los materiales plásticos poseen el efecto llamado de fluencia, en el cual un esfuerzo constante aplicado sobre el material produce una caída en el tiempo de su resistencia mecánica de acuerdo con la curva de regresión del material.

Las tuberías orientadas presentan unas curvas de regresión más planas que las que presentan otros materiales plásticos como el PE100 o el PVC-U, tanto más planas cuanto más alta es la clase de material del PVC-O.

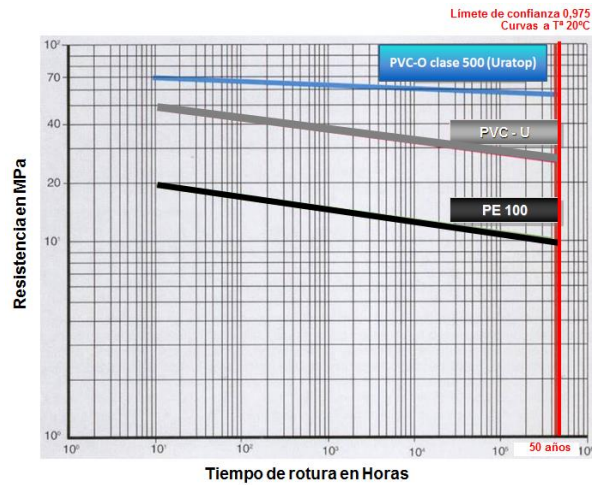


Figura 4. Curvas de regresión de los materiales plásticos

En el PVC-O clase 500 la fluencia es muy pequeña y la resistencia mecánica es la más alta. Podemos asegurar que estamos ante una tubería capaz de soportar las presiones de trabajo durante más de 100 años.

Resistencia al impacto

Una de las propiedades más espectaculares de las tuberías fabricadas en PVC-O es su elevada resistencia al impacto. Esta es una característica fundamental de cara a la fiabilidad de la conducción, ya que permite asegurar que no se producen daños durante la fase de instalación.

Con unos niveles de resistencia muy superior a los requeridos en cualquier normativa, la **tubería adecuada Uratop** es prácticamente irrompible frente a los golpes e impactos que puedan producirse durante la ejecución de la obra.



Figura 5. Secuencia impacto

3.2. Capacidad hidráulica

La reducción de espesores en las tuberías de PVC-O supone incrementar los diámetros interiores y por tanto las secciones de paso de dichas conducciones. La reducción del espesor es tanto mayor cuanto mayor sea el grado de orientación, y por tanto las tuberías de la clase 500 son las que tienen mayor diámetro interior, optimizando de esta manera la capacidad hidráulica de la conducción.

Por otro lado la superficie interior del tubo es extremadamente lisa, incluso más que la del PVC-U por el efecto de alisado que produce el estiramiento del material. Esto hace que se reduzcan las pérdidas de carga por el rozamiento del agua con la tubería y además dificulta mucho la formación de deposiciones o incrustaciones en las paredes de la misma.

Por los motivos expuestos la capacidad hidráulica se mantiene en los niveles más altos, superando en eficiencia a cualquier otra solución alternativa, lo que supone que la tubería sea la que mayor caudal transporte, o bien, que para el mismo caudal la solución PVC-O clase 500 podrá reducir el diámetro del tubo, optimizando la rentabilidad y el coste de inversión de la instalación.

Por otro lado, para un mismo caudal, la menor pérdida de carga indica que la instalación tiene una menor altura manométrica a efectos de cálculo hidráulico, y por ello de consumo, en el caso de conducciones forzadas.

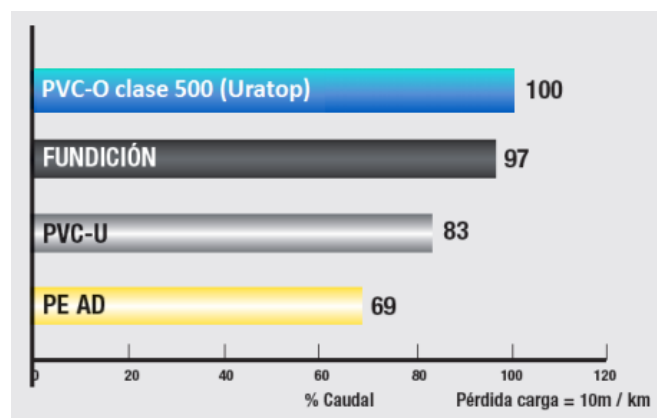


Figura 6. Gráfica comparación de caudales

3.3. Golpe de ariete

El golpe de ariete en una conducción se produce cuando la vena de agua que circula por la misma se genera o detiene de forma brusca, lo que puede deberse al arranque o parada de una bomba, a la apertura o cierre súbito de una válvula, al desplazamiento del aire ocluido en la tubería, etc. Este hecho se manifiesta mediante una sobrepresión que puede llegar a ser de gran magnitud y reventar la tubería, sobre todo si ésta lleva ya tiempo en servicio, o está dañada.

Debido al tipo de material y al espesor del tubo, la celeridad de la onda del golpe de ariete en la tubería PVC-O clase 500 es menor que en el resto de materiales, pudiendo

ser de hasta cuatro veces menos si la comparamos con la tubería de fundición dúctil. Ello da lugar a que las sobrepresiones por golpe de ariete sean mucho menores con PVC-O clase 500. Este hecho unido a la altísima resistencia mecánica del material, nos permite asegurar que esta tubería es prácticamente irrompible ante este fenómeno.

3.4. Estanqueidad

La estanqueidad de la conducción es un factor determinante para asegurar, por un lado, un correcto funcionamiento de la red sin sobrecostes por fugas de agua, y por otro, una elevada vida útil de la instalación. Los sobrecostes asociados a las fugas de agua pueden llegar a ser muy importantes. Cuando hay fugas no solamente se pierde agua sino también toda la energía consumida en los tratamientos previos y la que se necesita para llevar el agua hasta el punto en el que se ha producido la incidencia.

Para asegurar una correcta estanqueidad no solo la unión entre los tubos debe ser fiable sino que el procedimiento para conseguir una correcta conexión debe ser sencillo y depender lo menos posible de la pericia del operario que realiza el montaje.

En el caso de la tubería de PVC-O clase 500, la unión entre tubos se realiza mediante un anillo compuesto por una junta elastomérica y un arillo autoblocante. Una vez que en la fábrica se ajusta dicho anillo a la embocadura del tubo después es prácticamente imposible moverlo de su alojamiento. El sistema de unión se realiza mediante la introducción del extremo macho del tubo en la embocadura del otro, y la especial configuración de la junta asegura una total estanqueidad.



Figura 7. Anillo elastomérico para la unión entre tubos

4. OPTIMIZACIÓN DE REDES DE AGUA POR GRAVEDAD. TUBERÍAS DE PVC CORRUGADAS SN8

Hasta mediados de los años 70, las tuberías en España para redes de saneamiento eran fundamentalmente de hormigón o de fibrocemento. A partir de entonces aparecen las primeras tuberías en PVC, que suponen un avance cualitativo por las propiedades del material plástico. No obstante, debido al coste del PVC, estas tuberías, que son lisas, se fabrican sólo con un cierto espesor para cada diámetro que asegura una rigidez

anular mínima inicial de 4 kN/m² (rigidez nominal SN4), lo que, en determinadas condiciones de la instalación, resulta insuficiente para evitar deformaciones excesivas a medio y largo plazo.

Es por ello que en los años 80 comienzan a desarrollarse tuberías de PVC con paredes estructuradas que incrementan la rigidez sin encarecer los tubos. Ello supone un salto conceptual importante puesto que se consigue una mejora estructural optimizando a su vez el consumo de materias primas y por tanto de energía a lo largo de todo el ciclo de vida de la tubería.

De estas tuberías, la que mayor difusión adquiere es la tubería PVC Corrugada SN8, en la que el espesor se conforma con dos capas, siendo corrugada la exterior y lisa la interior, y que incorpora importantes ventajas respecto a la mayoría de las tuberías plásticas, de las cuales resumimos a continuación las más importantes.



Figura 8. Tubería corrugada de PVC SN8 SANECOR

4.1. Rigidez a corto y largo plazo

La flexibilidad de las tuberías plásticas es un factor positivo para poder adaptarse a los asentamientos del terreno. Sin embargo, a ello se contraponen el hecho aún más importante de que la tubería debe ser suficientemente rígida a corto y largo plazo, es decir debe ser capaz de soportar las cargas externas durante toda la vida útil de la conducción. Dichas cargas no sólo gravitan sobre el tubo, sino también sobre el terreno que lo envuelve, por lo que es esencial que la instalación de las tuberías se haga correctamente. La deformación de un tubo plástico enterrado, se puede cuantificar mediante:

$$\frac{\Delta Y}{D} = \frac{K_1 \cdot Q_{vt}}{K_2 \cdot E_s + K_3 \cdot RCE}$$

Dicha deformación es función directa de las cargas verticales Q_{vt} , a las cuales se oponen 2 factores:

- 1.- E_s : módulo de elasticidad del suelo que rodea al tubo, que depende de la zanja, y del tipo de relleno y su compactación, o sea de la calidad de la instalación.
- 2.- RCE : rigidez circunferencial específica del tubo, que a su vez se define como:

$$RCE = \frac{E_c \cdot I}{dm^3}$$

en donde:

E_c = módulo de elasticidad del material del tubo

I = momento de inercia de la sección transversal del tubo que depende de su espesor

dm = diámetro medio del tubo

Las cargas actuantes se deben a factores externos tales como el peso del terreno que hay encima, las fuerzas dinámicas del tráfico de vehículos, la carga estática de elementos puntuales sobre la superficie, etc. Si se prevé que las condiciones del terreno tras la instalación no serán suficientemente buenas como para alcanzar altos valores de E_s , o si no se va a poder garantizar una correcta instalación, entonces habrá que garantizar una rigidez inicial del tubo RCE_0 suficientemente alta, como para que la rigidez a largo plazo RCE_{50} (50 años) se mantenga en valores aceptables.

En este sentido se define el coeficiente de fluencia de un determinado elemento plástico p para un cierto tiempo t , como:

$$Cf = \frac{Ep_0}{Ep_t}$$

Es decir, como la relación entre el módulo de elasticidad inicial del plástico p , y el módulo de dicho plástico p transcurrido el tiempo t .

Es muy relevante señalar que los coeficientes de fluencia pueden variar mucho dependiendo del tipo de plástico que consideremos. De acuerdo con la norma DIN 16961-2, dichos coeficientes son los siguientes en los 3 tipos de materiales plásticos más utilizados en saneamiento:

- Coeficiente de fluencia del PVC a 50 años: $C_{PVC\ 50} = 2,06$
- Coeficiente de fluencia del polietileno alta densidad (PEAD) a 50 años: $C_{PE\ 50} = 5,33$
- Coeficiente de fluencia del polipropileno copolímero bloque (PP) a 50 años: $C_{pp\ 50} = 6,67$

Como la rigidez varía en la misma relación que el módulo elástico E , ya que I y dm permanecen constantes, en la siguiente gráfica se visualizan las caídas de rigidez que sufren las 3 tuberías SN8 que son las que se utilizan normalmente.

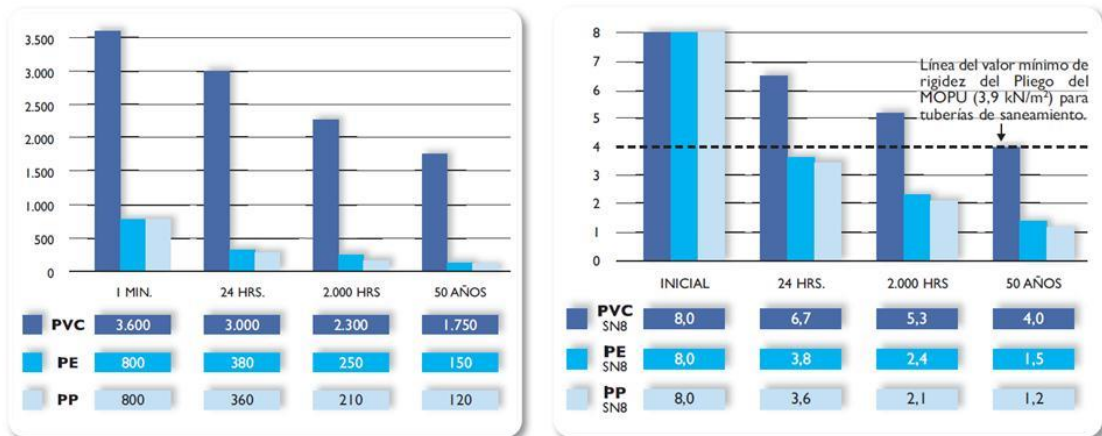


Figura 9. Evolución módulos de elasticidad y rigidez en el tiempo

Si consideramos que, como término medio, una rigidez aceptable para soportar las cargas externas es de 4 kN/m², la única tubería que mantiene este valor a largo plazo es la de PVC SN8. En los otros dos materiales la rigidez cae muy rápidamente. De hecho la rigidez inicial en estos materiales debería ser:

- Rigidez inicial del tubo de PEAD: 21 kN/m²
- Rigidez inicial del tubo de PP: 27 kN/m²

De lo contrario la instalación podría sufrir deformaciones excesivas, en especial si la instalación de la tubería no se ha ejecutado correctamente.

4.2. Capacidad hidráulica

La capacidad hidráulica de un tubo de saneamiento por gravedad, viene determinada por dos factores: el coeficiente de fricción del agua con el tubo, y el diámetro interior del tubo. En los tubos plásticos, el coeficiente de rozamiento es de $K = 0,1$ en la fórmula de Prandtl-Colebrook para aguas residuales, 10 veces inferior al considerado para un tubo de hormigón.

En cuanto al diámetro interior, la mayoría de las tuberías plásticas siguen el criterio $DN = D_{\text{exterior}}$, por lo que el diámetro interior dependerá del espesor del tubo, y será variable según el fabricante. Esto proporciona caudales diferentes, a igualdad de pendiente y de rugosidad interior, para el mismo diámetro nominal.

Por otro lado, el espesor del tubo está condicionado por el tipo de material del que está hecho ya que, al tener éste un determinado módulo de elasticidad E_c , la rigidez obliga a un valor del momento de inercia I en la fórmula:

$$RCE = \frac{E_c \cdot I}{dm^3}$$

Como I es función del espesor, en los tubos de PE y PP corrugados (valor de E_c pequeño), el espesor tendrá que ser más alto que en el PVC corrugado (valor de E_c alto)

para conseguir la misma rigidez. Por tanto en la tubería PVC corrugada SN8, la capacidad hidráulica es siempre mayor que en otros materiales termoplásticos, y más aún en diámetros superiores a DN 500, tal y como se representa en la siguiente figura:

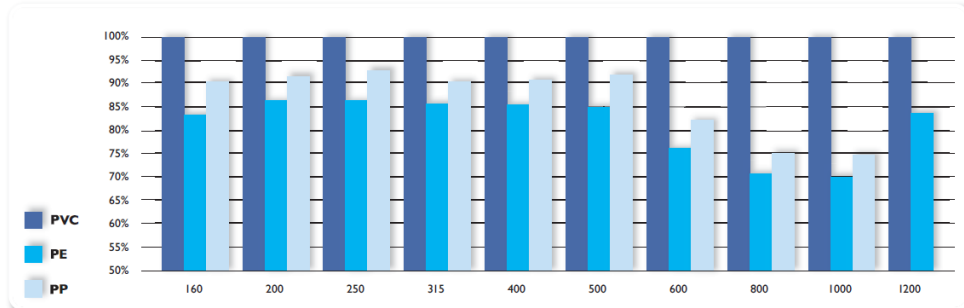


Figura 10. Comparativo de caudales en tuberías estructuradas

4.3. Estanqueidad

La normativa actual admite diferentes tipos de unión para las tuberías plásticas, aunque en los más habituales, dicha unión se realiza siempre mediante junta elástica. En las tuberías estructuradas la norma UNE EN 13.476, contempla tanto uniones por enchufe campana como mediante manguitos.

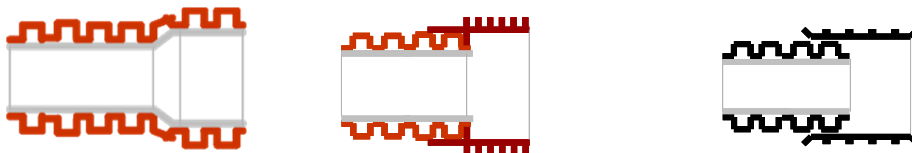


Figura 11. Diferentes tipos de unión de tuberías plásticas estructuradas

La unión del tubo PVC corrugada SN8 se realiza mediante el primero de los sistemas llamado copa de embocadura integrada, en la que se mantienen las características del resto del tubo (corrugas y espesores), por lo que resulta la más fiable de entre las diversas soluciones existentes.

Otro aspecto muy importante que afecta a la estanqueidad de la unión es la junta elastomérica. En la tubería PVC corrugada SN8 esta junta es bilabiada (anclada en 2 corrugas) hasta diámetro DN 500, con un perfil que por un lado impide que la junta se desplace durante el montaje del tubo, y por otro asegura una mayor estanqueidad. En tuberías de diámetro superior (DN 630 – DN 1200), la junta es de simple labio, ya que la mayor profundidad de las corrugas evita que la junta pueda desplazarse fácilmente de su alojamiento.

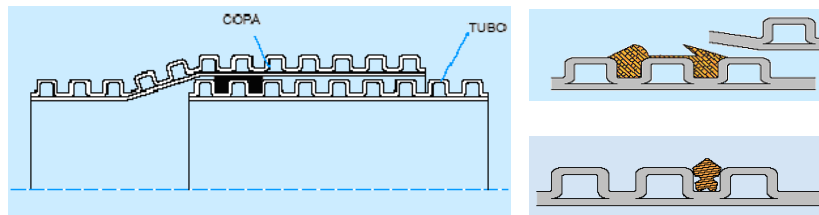


Figura 12. Esquema de unión en tubería de PVC corrugado SN8

5. SOSTENIBILIDAD DE LAS TUBERÍAS

De acuerdo con un estudio (*) realizado por el Laboratorio de Modelización Ambiental del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Cataluña, el consumo energético y la emisión de CO₂ a la atmósfera, a lo largo de todo el ciclo de vida de las tuberías hidráulicas, son muy bajos en las tuberías plásticas si lo comparamos con los valores que se asignan a los tubos de otros materiales (metal u hormigón armado).

Este ciclo de vida contempla todas las etapas por las que pasa el producto durante su vida útil:

- Extracción de las materias primas que conforman el tubo
- Transporte de las materias primas a la planta de producción de tuberías
- Fabricación de las tuberías
- Transporte de los tubos a la obra donde se instalarán
- Instalación de las tuberías
- Utilización de los tubos: labores de mantenimiento y reparaciones

(*): "Estimación del consumo energético y de la emisión de CO₂ asociados a la producción, uso y disposición final de tuberías de PVC, PEHD, PP, fundición y hormigón" (dic.2005). Autores: Dr. José María Baldasano Recio, Dr. Pedro Jiménez Guerrero, María Gonçalves Ageitos y Dr. René Parra Narváez.

El estudio tiene dos partes, en una de las cuales se contemplan los tubos habitualmente utilizados en abastecimiento y en otra los más usados en saneamiento.

A continuación se resumen los resultados del estudio realizado:

TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO
<i>Consumo energético y emisión de CO₂ para 3m de tubería</i>
Consumo de Emisión de

	energía (kw/h)	CO₂ (kg de CO₂)
<i>PVC (sin reciclado) DN 110</i>	1041,3	451,9
<i>PVC orientado (sin reciclado) DN 110</i>	828,0	362,8
<i>PE AD (sin reciclado) DN 125</i>	1055,2	453,7
<i>Fundición dúctil (80% reciclado) DN 125</i>	1316,1	581,2
<i>Fundición dúctil (sin reciclado) DN 125</i>	1620,4	681,1

TUBERÍAS DE SANEAMIENTO

Consumo energético y emisión de CO₂ para 3m de tubería

	Consumo de energía (kw/h)	Emisión de CO₂ (kg de CO₂)
<i>PVC SN4 (80% reciclado) DN 315</i>	69,0	22,0
<i>PVC corrugado SN8 (80% reciclado) DN 315</i>	34,7	11,5
<i>PE corrugado SN8 (80% reciclado) DN 400</i>	64,4	21,0
<i>PP corrugado SN8 (80% reciclado) DN 400</i>	60,4	21,6
<i>Hormigón DN400</i>	345,0	129,4

Como puede verse los valores de los materiales plásticos son muy inferiores a los de la fundición o el hormigón, debido al bajo peso y bajo contenido en materias primas de los primeros respecto a los segundos.

Así mismo se observa que en las dos tuberías de PVC se han considerado diámetros inferiores al resto debido a las diferencias ya comentadas de capacidad hidráulica.

Podemos concluir que, entre las tuberías de abastecimiento, la que menor consumo energético y emisión de CO₂ produce es la de PVC-O, mientras que entre las tuberías de saneamiento la situación óptima se consigue con la de PVC corrugado SN8.

En relación a la sostenibilidad, un producto es sostenible cuando satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. En este sentido, es importante que dicho producto tenga un ciclo de vida largo, sea por tanto duradero, pero al mismo tiempo que durante su ciclo de vida el consumo de recursos sea mínimo, en particular el gasto energético, igual que mínima debe ser su repercusión en el entorno social y medioambiental.



Figura 13. Tuberías sostenibles (PVC corrugado SN8)

En los apartados anteriores hemos visto, tanto para la tubería de PVC-O en abastecimiento, como para la tubería de PVC corrugado SN8 en saneamiento, una serie de características que contribuyen a una alta sostenibilidad de producto.

En el cuadro siguiente se resume la repercusión que tienen las propiedades de estos productos en los factores que contribuyen a una mayor sostenibilidad.

Característica	Tubo de PVC-O			Tubo de PVC corrugado SN8		
	Durabilidad	Ahorro energético	Respeto al entorno	Durabilidad	Ahorro energético	Respeto al entorno
Materias primas	-	↑	↑	-	↑	↑
Peso del tubo	-	↑	-	-	↑	-
Reciclabilidad del material	-	-	↑	-	-	↑
Resistencia química	↑	-	↑	↑	-	↑
Ausencia de corrosión	↑	-	↑	↑	-	↑
Resistencia a la abrasión	↑	-	-	↑	-	-
Deposiciones / incrustaciones	↑	-	↑	↑	-	↑
Resistencia mecánica a largo plazo	↑	-	-	↑	-	-
Golpe de ariete	↑	-	-	-	-	-
Flexibilidad del material	↑	-	-	↑	-	-
Capacidad hidráulica	-	↑	-	-	↑	-
Costes de bombeo	-	↑	-	-	-	-
Costes de instalación	-	↑	-	-	↑	-
Seguridad laboral	-	-	↑	-	-	↑
Estanqueidad	-	↑	↑	-	↑	↑
Costes de mantenimiento	-	↑	-	-	↑	-

Figura 14. Factores que influyen en la sostenibilidad