

---

## *Tuberías de PRFV NC con sección no circular para la rehabilitación de colectores*

---

### 1. Introducción

Muchos interceptores y conducciones de gran tamaño, instaladas bajo la superficie y vías públicas, vienen dando servicio desde hace varias décadas. Estas conducciones antiguas están habitualmente fabricadas en diferentes materiales, como puede ser mampostería, ladrillo u hormigón; con el paso del tiempo pueden presentar graves patologías, que no permiten garantizar su viabilidad y estabilidad a largo plazo.

Como alternativa a la instalación de una nueva conducción en zanja, que muchas veces se torna difícil por los diferentes costes e impactos negativos que genera, hay una opción viable con técnicas de instalación sin zanja, basada en la inserción de tuberías de PRFV, tanto de sección circular como no circular, dentro de la conducción a rehabilitar. Las conocidas propiedades de resistencia química, mecánica y de durabilidad que posee la tubería PRFV y que se vienen aplicando en las nuevas conducciones, son muy interesantes para el ámbito de la rehabilitación de colectores.

En países de Europa Central y EE.UU. está muy extendida la rehabilitación de conducciones mediante tuberías de PRFV con sección no circular, mediante técnicas sin zanja como el sliplining o segmental lining.

En los apartados siguientes se desarrollarán las propiedades, características y aplicaciones para instalaciones sin zanja de las tuberías poliéster reforzado con fibra de vidrio con sección no circular, PRFV NC.

## 2. Características de las tuberías de PRFV NC

### 2.1 Descripción general

Las tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio con sección no circular (PRFV NC), están destinadas principalmente a la rehabilitación de antiguas conducciones, mediante técnicas sin zanja. Estas conducciones pueden ser visitables o no visitables, y están habitualmente fabricadas con materiales como mampostería, ladrillo u hormigón.

Igual que en las tuberías de PRFV con sección circular, los tubos PRFV NC son compatibles con una amplísima gama de tipos de efluentes y condiciones químicas agresivas.

Desde el punto de vista geométrico, existe una amplia gama de perfiles y tamaños, adaptándose a las diferentes tipologías de conducciones no circulares existentes en las redes de saneamiento y drenaje. Las dimensiones transversales de los tubos PRFV NC están dentro de un rango de dimensiones transversales situado entre los 300 a 4200 mm.

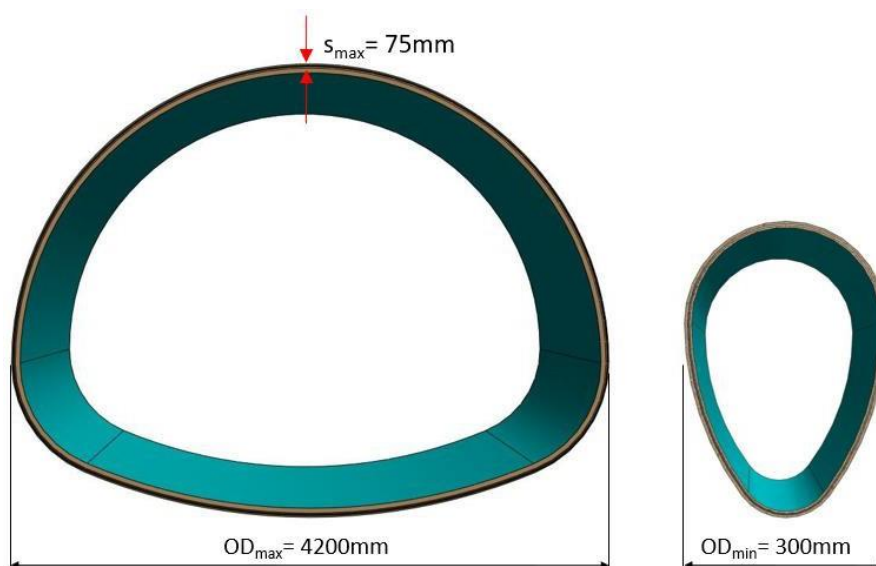


Ilustración 1. Dimensiones máximas y mínimas de tubería PRFV NC

Las longitudes de los tubos varían en función de las aplicaciones, de las necesidades del cliente, del proyecto y de las condiciones de ejecución (acceso, pendiente de la línea, peso de tubería, etc.). Estas longitudes de tubo van desde 1 metro a 6 metros de longitud.

En lo que respecta a la caracterización mecánica de la tubería no circular, ésta quedará definida en función de su espesor, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión. La tubería PRFV NC se puede definir combinando estas características, en función de las condiciones de uso y las necesidades del proyecto.

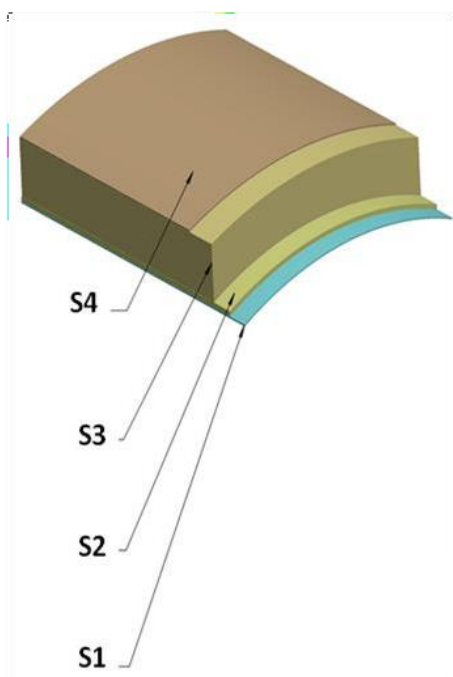
## 2.2 Materias primas

Las materias primas cumplen con las especificaciones de la norma **ISO 16611** *Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión. Tuberías no circulares fabricadas con plásticos termoestables reforzados con vidrio (PRFV) a base de resina de poliéster insaturado (UP)*. Los tubos de PRFV están compuestas por:

- 1. RESINA.** Se pueden emplear resinas de poliéster tipo ortoftálica, isoftálica o viniléster validadas y aprobadas, de las que se dispondrá de documentación sobre su idoneidad para la aplicación de cada proyecto.
- 2. FIBRA DE VIDRIO.** Se utilizan fibras de vidrio continuas y cortadas tipo E o ECR, compatibles con las resinas a emplear, cumpliendo con la norma **EN ISO 2078**.
- 3. ÁRIDOS.** Arena de sílice con una proporción de  $\text{SiO}_2 > 90\%$ , lavada y secada, con la granulometría especificada a continuación:
  - Menos del 3% de los granos deben tener un tamaño de grano más grande a 0,71 mm.
  - La granulometría máxima es de 1,0 mm, según la norma **UNE-EN 933-2**.
  - Contenido de humedad:  $\leq 0,1\%$ .
  - Densidad: 1900 Kg/m<sup>3</sup>
- 4. ADITIVOS.** El uso de aditivos en la resina tales como pigmentos, tintes u otros agentes colorantes, si se utilizan, no debe ir en detrimento de las características del producto ni deben impedir la inspección visual del producto acabado.

## 2.3 Composición de la pared de un tubo PRFV NC

La pared estructural del tubo de PRFV NC está formada por varias capas con distintas propiedades mecánicas, ofreciendo una única pared estructural en su conjunto con los requerimientos de funcionamiento adecuados para las condiciones de servicio esperadas.



**S4** Una capa exterior de 1,0 mm de espesor, resistente al clima y los rayos ultravioleta, que se compone principalmente de arena de sílice ligada con resina.

**S3** Una capa central que contribuye principalmente al aspecto estructural, que consiste en una mezcla de arena de sílice, resina de sílice y poliéster insaturado y fibra de vidrio.

**S2** Una capa de barrera con un espesor mínimo de 1,0 mm, que contribuye tanto a las características estructurales como la resistencia química del tubo. Está formada por una mezcla de resina de poliéster insaturado y fibras de vidrio cortada.

**S1** Una capa interior o de revestimiento de para el acabado interior con el fin de proporcionar protección química y resistencia a la abrasión. Tiene un espesor mínimo 1,0 mm.

Ilustración 2. Estructura de la pared

Solamente se consideran las capas S3 y S2 para el dimensionado de resistencia mecánica. Ese espesor nominal del tubo será la suma de las 4 capas que componen el tubo:

$$\text{Espesor estructural} = S2 + S3$$

$$\text{Espesor nominal del tubo} = S1 + S2 + S3 + S4$$

## 2.4 Proceso de fabricación

Los tubos de PRFV NC se fabrican mediante un proceso discontinuo de **enrollamiento helicoidal** mediante filamentos de fibra de vidrio (filamentos continuos y cortados), en máquinas controladas por ordenador. Los parámetros de fabricación y dimensionamiento de los tubos se registran y archivan para garantizar la trazabilidad de la producción.

Las sucesivas capas que componen la pared se conforman alrededor de un mandril metálico, compuesto por varios sectores ensamblados para reproducir la forma deseada. Este mandril metálico giratorio está pre-revestido con una película de plástico que permite retirar la carcasa del molde al final de la fabricación. Primero se aplica la **capa de barrera**, rociando y añadiendo **arena**, una vez la capa de S4 se haya endurecido. Una vez terminada la capa barrera de fibras cortadas y resina, se fabrica una capa central mediante una sucesión de **capas de fibras de vidrio saturadas de resina** con adición continua de arena hasta conseguir el espesor deseado. La velocidad de enrollado es variable y se adapta automáticamente a la forma del mandril.

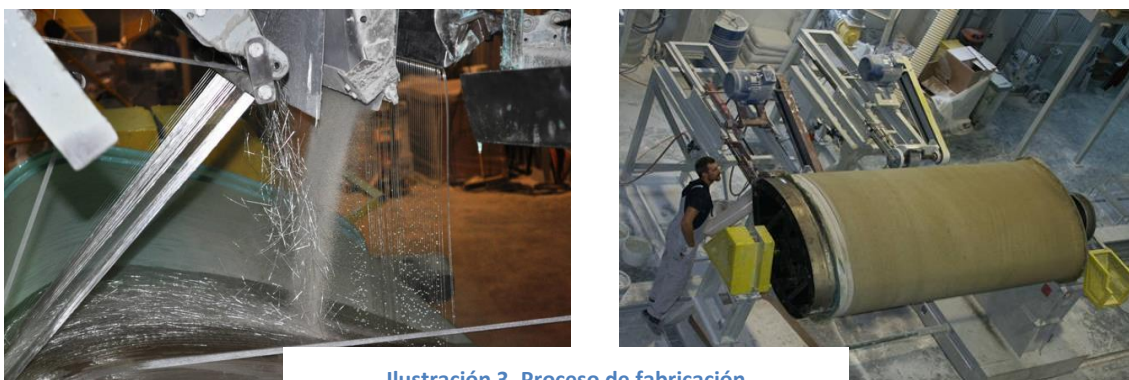


Ilustración 3. Proceso de fabricación

La capa superior exterior incorpora la arena ligada a la resina. Una vez obtenida una rigidez suficiente, **se desmolda** el producto y **se mecaniza el extremo macho con una fresadora**, especialmente diseñada para formas no circulares.

A continuación, los elementos pasan a la fase de **desbarbado** y **acabado**. Finalmente, en el extremo macho, se colocan las juntas y se pueden realizar los siguientes equipos opcionales, como revestimientos interiores antideslizante, inserción de inyectores en la pared del tubo o dispositivos especiales de anclaje para la elevación del tubo.

## 2.5 Gama de secciones disponibles

La gama de productos estándar incluye sistemas de tuberías con diferentes formas y diámetros. El espesor de la pared de estos tubos depende de las condiciones de instalación y operación, y se determinan en función de los cálculos estáticos.

Como se indicó anteriormente, las dimensiones transversales de los tubos PRFV NC están dentro de un rango situado entre los 300 a 4200mm, y las longitudes de tubo pueden variar desde 1 a 6 metros de longitud. Los perfiles que pueden tener estos tubos son:



**Perfil ovoide**



**Perfil arqueado**



**Perfil parabólico**



**Perfil acampanado**

## 2.6 Accesorios

La amplia gama de productos de los sistemas PRFV NC incluye también accesorios segmentados, fabricados bajo las mismas condiciones que los tubos. La gama de accesorios existente para estos sistemas incluye:

- Codos
- Piezas en T
- Piezas en Y
- Pozos de registro cilíndricos y tangenciales



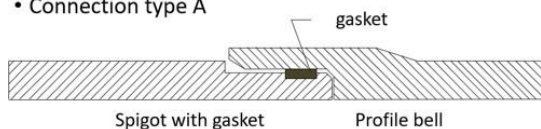


Ilustración 4. Pozos PRFV NC

## 2.7 Uniones

Las tuberías PRFV NC vienen equipadas con **sistemas de unión tipo enchufe y campana**, con juntas elastoméricas. Estos sistemas de unión garantizan una total **estanqueidad** durante la vida útil de la tubería. Es un sistema perfectamente ensayado y testado, permitiendo una desviación angular definida. En caso de que el efluente sea altamente agresivo desde el punto de vista químico, se dispone de soluciones singulares, basadas en **juntas vulcanizadas o en un sistema de unión basados en la laminación entre tubos**.

- Connection type A



**TIPO A.** Junta SBR, NBR o EPDM. Solución estándar.

- Connection type B



**TIPO B.** Junta doble SBR, NBR o EPDM con inyector de prueba de estanqueidad

- Connection type B1



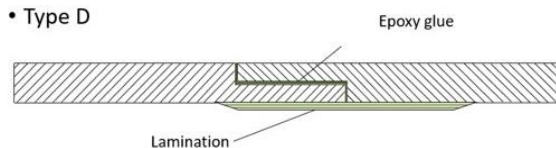
**TIPO B1.** Junta doble SBR, NBR o EPDM

- Type C



**TIPO C.** Junta SBR, NBR o EPDM

- Type D



**TIPO D.** Junta adhesiva con epoxi, poliuretano o masilla acrílica, y laminado interior.

Las juntas B, B1 y C se recomiendan para instalaciones en donde existe una presión hidrostática exterior elevada.

## 2.8 Ventajas de las tuberías PRFV NC no circulares

Las tuberías de PRFV NC poseen las propiedades y ventajas ya conocidas de las tuberías de PRFV circulares. Algunas de estas propiedades, como las propiedades hidráulicas o el peso ligero de la tubería, se ven potenciadas en el campo de la rehabilitación mediante técnicas sin zanja.

1. **Amplia gama de productos y accesorios**
  - Formatos estándar y no estándar para ajustar con las necesidades y las especificaciones del proyecto.
  - Diferentes soluciones de unión en función de los requisitos del proyecto.
2. **Resistencia química y anticorrosión**
  - Materiales de larga vida útil.
  - No se requieren revestimientos, recubrimientos, protección catódica, envolturas u otros medios contra la corrosión.
  - Las propiedades hidráulicas se mantienen constantes con el paso del tiempo.
  - Resistente a muchos productos químicos, ácidos y soluciones alcalinas.
3. **Peso ligero (1/10 del peso del hormigón)**
  - Reducción de los costes de manipulación e instalación.
4. **Características hidráulicas excelentes**
  - Superficie interior muy lisa. Coeficiente de Manning  $n = 0,009$ .
  - Reducción de costes de limpieza gracias a una menor acumulación de lodos, debido a una mayor velocidad de flujo inducida por la parte inferior estrecha de las tuberías.
  - Excelente resistencia a la abrasión.
5. **Uniones de precisión: manguitos acoplables y acoplamientos de espiga con juntas elastoméricas**
  - Juntas estancas y eficaces diseñadas para eliminar infiltraciones y/o exfiltraciones.
  - Fáciles de acoplar, rápidas de instalar.
  - Permite pequeños cambios de dirección en línea sin necesidad de accesorios o ajustes diferenciales.
  - Sistema de junta doble que permite al cliente realizar ensayos de estanqueidad in situ.
6. **Instalación, transporte y mantenimiento**
  - Costes de mantenimiento reducidos debido a una menor acumulación de lodos y un efecto autolimpiante eficiente.
  - Fácil acceso gracias a su altura dimensional, a pesar de su estrecha geometría.
  - Gran capacidad de caudal, especialmente en periodos de carga punta.
  - Las tuberías se pueden instalar estando la conducción en uso, dependiendo del diámetro, cantidad de caudal y requisitos de seguridad.

## 2.9 Normas de calidad y ensayos.

La tubería PRFV NC debe estar certificada por la norma **ISO 16611**, que establece las directivas necesarias sobre la producción y ensayos de tuberías de PRFV con sección no circular. Esta norma describe las especificaciones de materias primas y diseño de la tubería, ensayos a realizar, y la determinación de las propiedades a largo plazo que debe cumplir la tubería.

### 3. Dimensionamiento mecánico en la rehabilitación con tuberías de PRFV no circulares

#### 3.1 Características mecánicas de las tuberías de PRFV NC

Los valores de las propiedades mecánicas de las tuberías PRFV NC (módulo de elasticidad, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción radial y longitudinal, alargamiento a la flexión) descritos a continuación, vienen dadas por las capas estructurales S2 + S3 vistas anteriormente en este documento, que corresponde al espesor nominal de la pared (o espesor total) menos 2 mm.

##### a) Módulo de elasticidad y resistencia a la flexión transversal

El módulo de elasticidad a corto plazo (mínimo garantizado)  $E_{CP}$ , resistencia al ataque químico en condiciones de tensión y la resistencia a flexión (mínimo garantizado)  $\sigma_{CP}$  se miden como parte de las pruebas según la norma ISO 178.

El módulo de flexión a largo plazo de los valores de elasticidad (mínimo garantizado)  $E_{LT}$  se evalúa según ISO 10468, y son analizados según el método B de la norma UNE-EN 705. Los valores considerados son los de un entorno húmedo

La resistencia mínima a largo plazo a la corrosión bajo condiciones de tensión  $\epsilon_{LP}$  (5% de ácido sulfúrico, o 0,5 mol/litro) se evalúa sobre la base de pruebas de tipo realizadas de acuerdo con la norma ISO 10952 y se analiza de acuerdo con la norma ISO 10928 (método "A"). Estos valores caracterizan la idoneidad del material cuando se somete a tensión en un entorno ácido. La resistencia a la flexión a largo plazo  $\sigma_{LP}$  se calcula de acuerdo con la norma ISO 16611.

Propiedades mecánicas - Circunferencial		Valor
Módulo elástico a flexión ( $E_{LP}$ )	Corto Plazo	9500 MPa
Resistencia a flexión circunferencial ( $\sigma_{CP}$ )		200 N/mm <sup>2</sup>
Elongación a flexión ( $\epsilon_{CP}$ )		1,60%
Modulo elástico a flexión ( $E_{LP}$ )	Largo Plazo	6000 MPa
Resistencia a flexión circunferencial ( $\sigma_{LP}$ )		80 N/mm <sup>2</sup>
elongación a flexión ( $\epsilon_{LP}$ )		0,8%

Tabla 1. Propiedades mecánicas tubo PRFV



### b) Resistencia a la tracción longitudinal

Deben cumplir con los valores mínimos indicados a la tabla asociada de la norma ISO 16611.

Dimensión máxima de la sección del tubo (mm)	Mínima tensión longitudinal Inicial (N/mm)	Dimensión máxima de la sección del tubo (mm)	Mínima tensión longitudinal Inicial (N/mm)
150	75	1600	255
200	80	1800	280
250	85	2000	305
300	95	2200	330
400	105	2400	350
500	120	2600	375
600	130	2800	400
700	145	3000	426
800	155	3200	450
900	165	3400	475
1000	180	3600	500
1200	205	3800	525
1400	230	4000	550

Tabla 2. Tracción longitudinal mínima

### 3.2 Otras propiedades

Resistencia a la abrasión (UNE-EN 295-3)	Pérdida de 0,37mm de espesor cada 200.000 ciclos
Temperatura de distorsión térmica (ISO 11357)	$T_g > 70^\circ\text{C}$
Coefficiente de dilatación térmica	$30 \times 10^{-6}$
Coefficiente de Poisson	0,30

Tabla 3. Otras propiedades de la tubería PRFV NC

### 3.3 Metodologías de dimensionamiento mecánico y caracterización de la conducción a rehabilitar

Hay varios métodos de cálculo disponibles en todo el mundo para diseñar sistemas de rehabilitación de tuberías y, en particular, determinar el espesor de los revestimientos. Los cuatro métodos principales de ámbito internacional establecidos se enumeran a continuación:

- Estados Unidos: **ASTM F1216**
- Reino Unido: **SRM WRC**
- Alemania: **DWA-A 143-2**
- Francia: **3R-2014**

#### a) Caracterización de la conducción huésped a rehabilitar

Independientemente de la metodología seleccionada para el dimensionamiento mecánico, la evaluación previa y caracterización del estado de la conducción huésped a rehabilitar es la base del diseño del dimensionamiento del cálculo mecánico. Los parámetros de la conducción a rehabilitar considerados por los métodos incluyen: la **impermeabilidad**, su **naturaleza y propiedades del material** y la **geometría, número y ubicación de la fisuración**.

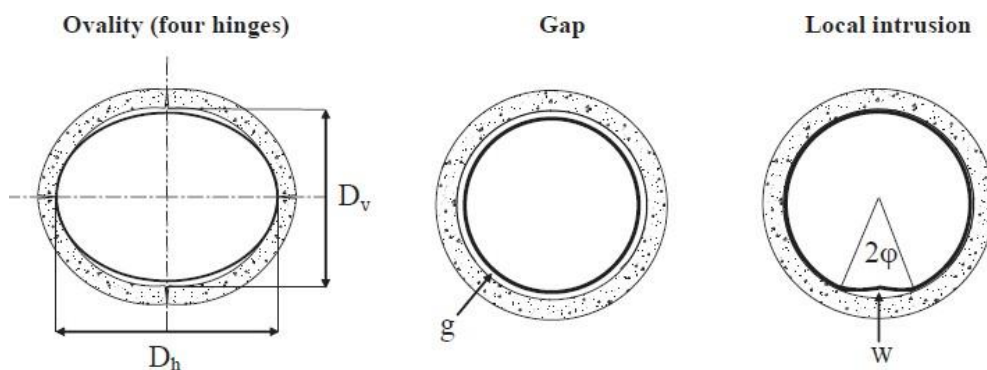
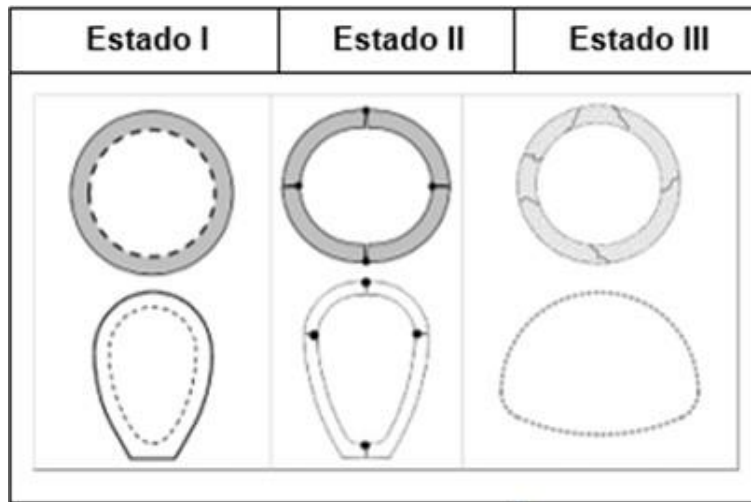


Ilustración 5. Tipos de imperfecciones en colectores

A continuación, se detallan las diferentes definiciones del estado de canal a rehabilitar:

- **ASTM F1216** - Parcialmente deteriorado o completamente deteriorado
- **DWA A143-2** - Estado 1 (Estable), Estado II (Estable – futuras deformaciones improbables), Estado III (estable, futuras deformaciones muy probables)
- **ASTEE 3R2014** - Estado 1 (Estable y a mejorar), Estado II (Estable – futuras deformaciones probables), Estado III (Inestable - es probable su colapso);
- **SRM WRC** - Tipo II (sin carga aplicada desde la conducción huésped) y Tipo I (Rehabilitación integral considerando la conducción huésped)

De forma más gráfica y descriptiva, los distintos estados se representan de la siguiente manera:



- [ESTADO I:](#)

La tubería a rehabilitar es capaz de soportar las cargas externas por sí misma. En este caso, el revestimiento sólo tiene que garantizar la estanqueidad de la conducción. Dado que la tubería a rehabilitar por sí sola es capaz de soportar todas las cargas externas, la rehabilitación buscará que la conducción vuelva a ser estanca, frente a la presión producida por el nivel freático.

- [ESTADO II:](#)

La tubería a rehabilitar por sí sola no es capaz de soportar las cargas y tiene grietas longitudinales en cuatro puntos de su sección (clave, base y punto medio). Los cuartos de tubería resultantes se han vuelto unos contra otros, de modo que la sección transversal se ha ovalizado. La altura libre de la sección transversal se ha reducido, pero la sección transversal se ha ampliado y se ha introducido en el suelo lateral que rodea al tubo. El suelo soporta la conducción, resultando en un sistema de carga, que está formado por tubo a rehabilitar y el suelo de soporte (el "sistema de *tubería huésped-suelo*"). Si este sistema de suelo + tubería a rehabilitar es estructuralmente estable, con las garantías necesarias, la tubería a rehabilitar está en condición de ser una conducción tipo II. En este caso, al igual que en el caso de la tubería anfitriona I, el nuevo sistema tiene que también garantizar la estanqueidad del alcantarillado. La tubería se ve afectada por el nivel freático que fluye hacia dentro de la conducción, que ya no es estanca.

- [ESTADO III:](#)

En esta condición, la tubería a rehabilitar corresponde a la condición II, con la diferencia crucial de que la estabilidad del sistema de suelo-tubería a rehabilitar ya no es verificable. En este caso, la rehabilitación no sólo debe soportar cargas producidas por el nivel freático, sino que también debe ayudar, al menos parcialmente, a hacer frente a todas las cargas externas, como el tráfico y las cargas superpuestas.

b) Diferentes normas y la caracterización de la conducción a rehabilitar

1. ASTM F1216

Se consideran dos estados de la conducción huésped: “parcialmente deteriorada” o “completamente deteriorada”.

	Parcialmente deteriorado	Completamente deteriorado
Estado de la conducción	Comprometida hidráulicamente, corrosión superficial	La conducción huésped ha perdido su rigidez circunferencial y a flexión
Evolución en el futuro	<b>Estable</b>	<b>Colapso probable</b>
Requerimientos de diseño	Resistir agua freática exterior	Resistir agua freática exterior + cargas del suelo + cargas de tráfico

Tabla 4. Estado de los daños. ASTM F1216

2. DWA-A 143-2

Se consideran tres estados de la conducción huésped: Estado I – Estado II – Estado III:

	Estado I	Estado II	Estado III
Estado de la conducción	Estructuralmente firme	Fisurado Deformaciones leves (<3%)	Fisurado Deformaciones grandes (<10%)
Evolución en el futuro	<b>Estable</b>	<b>Estable – futuras deformaciones poco probables</b>	<b>Estable – futuras deformaciones probables</b>
Requerimientos de diseño	Resistir agua freática exterior		Resistir agua freática exterior + otras cargas

Tabla 5. Estado de los daños. DWA-A 143-2

### 3. ASTEE 3R2014

Se consideran tres estados de la conducción huésped: Estado I – Estado II – Estado III.

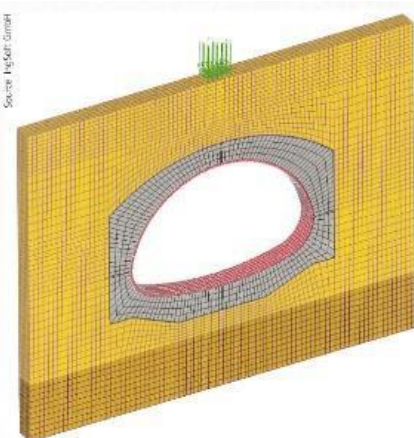
	Estado I	Estado II	Estado III
Estado de la conducción	Comprometida hidráulicamente, corrosión superficial	Fisurado Deformaciones (<10%)	La conducción huésped ha perdido su rigidez circunferencial y a flexión
Evolución en el futuro	Estable o mejorable	Estable – futuras deformaciones poco probables	Estable – colapso probable
Requerimientos de diseño	Resistir agua freática exterior	Resistir agua freática exterior + otras deformaciones	Resistir agua freática exterior + cargas del suelo

Tabla 6. Estado de los daños. ASTEE 3R2014

### 4. WRC SRM Tipo II

La conducción huésped se encuentra en equilibrio en el momento del revestimiento y el equilibrio será preservado por el revestimiento. La conducción huésped continúa brindando soporte al suelo circundante y a la carga de tráfico. No se aplican cargas del suelo al revestimiento. **Requisito de diseño: el revestimiento solo debe diseñarse para resistir el efecto de las aguas freáticas exteriores.**

### 5. Métodos por Elementos Finitos



En ciertas ocasiones, donde la geometría de la conducción a rehabilitar o donde se quiere verificar con más detalle el comportamiento del sistema de rehabilitación, se deberá utilizar el sistema de análisis por **Métodos por Elementos Finitos (MEF)**.

Esta metodología está especialmente indicada para la rehabilitación de colectores no circulares que se encuentren en estado de conservación tipo III, dada la mayor profundidad de análisis que se consigue.



## 4. Recomendaciones de instalación

### 4.1 Inspección previa del colector a rehabilitar

Antes de proceder al montaje y la definición de los tubos, se debe realizar una **inspección detallada** de la conducción a rehabilitar. Es fundamental tener claro los siguientes parámetros de la tubería a rehabilitar:

- **Evaluación dimensional** del colector (máximo /mínimo);
- Nivel de **deformación vertical y/o horizontal**;
- Detección de **grietas** en la pared del colector;
- **Puntos de obstrucción** del colector;
- **Situación y condiciones de los laterales**;
- Mediciones **radios de curvatura**;
- Localización de las **entradas o conexiones** con el colector;
- Determinación del **nivel de las aguas** subterráneas y el tipo de **cargas** sobre el colector.



Ilustración 6. Inspección de la conducción a rehabilitar

Una vez inspeccionada, es necesario una serie de **tareas previas**:

1. Desvío, minimización o almacenamiento de **efluentes** (dependiendo del proceso y del caudal);
2. **Eliminación de lodos, sedimentos y residuos**;
3. **Limpieza hidrodinámica** (desengrasado, decapado, etc.);
4. Verificación del estado inicial mediante **inspección visual**;
5. Posible **tratamiento** (por ejemplo, inyección en caso de vacío en el suelo circundante);
6. **Corte o eliminación de obstáculos**;
7. **Posible tratamiento del suministro de agua y sellado**, inyección de grietas;
8. **Construcción de un suelo plano** de hormigón o de una vía férrea para el paso de un carro y/o dos carriles de deslizamiento.

Para asegurar que los nuevos paneles pasarán por todo el colector, se recomienda fabricar una plantilla equivalente en madera y recorrer toda su longitud con el fin de asegurar que el diseño elegido es el adecuado.



Ilustración 7. Plantillas de inspección

#### 4.2 Montaje de los tubos no circulares

Para el montaje de los paneles o tubos no circulares dentro del colector a rehabilitar, se requieren **arquetas o cámaras de montaje** (en caso de ser necesario). Se recomienda diseñar estas cámaras a intervalos calculados en función del peso del conjunto de tubos y de la fuerza de empuje disponible por los medios empleados, y en los lugares de los cambios de dirección del interceptor y la presencia de nodos. Durante los trabajos de reparación, **cada sección del colector debe estar fuera de servicio o con el menor caudal posible** (es posible la rehabilitación con caudal). Cualquier obstáculo a la colocación del perfil debe ser eliminado.



Ilustración 8. Ejemplos de montajes de tuberías de PRFV NC



Los paneles se colocan en la cámara/plataforma de montaje y posteriormente se van desplazando por el interior del colector a rehabilitar. Los tubos de PRFV NC pueden ser transportados por el interior del colector con la ayuda de carros diseñados especialmente para tal fin, o desplazados por medio de empujadores hidráulicos. A continuación, se muestran ejemplos de este tipo de carros y empujadores:



**Ilustración 9. Sistema de empujes y desplazamiento de tubos PRFV NC**

Para la instalación de tuberías con espesor reducido y de gran tamaño, se recomienda la utilización de puntales en su interior. Esto facilita en gran medida el transporte y protege el tubo contra una deformación excesiva en el momento de aplicar la lechada de cemento de relleno del hueco que quedará entre el nuevo colector y el existente.

Una vez colocados los calzados en los tubos, se procede al montaje del tubo introduciendo la espiga del tubo en la campana del tubo anterior. Previo al montaje, es importante limpiar bien tanto el interior de la campana como el exterior de la espiga, así como aplicar suficiente lubricante para facilitar la unión. Para un correcto montaje se recomienda la utilización de equipos hidráulicos o tensores de tracción.

La fuerza de montaje resultante debe ser aplicada en la parte central del tubo. Se recomienda utilizar un elemento adecuado para repartir las cargas axiales uniformemente.

En el caso de que quede una separación considerable entre tubos, puede rellenarse el espacio entre tubos con poliéster o un adhesivo epoxi adecuado para las condiciones en las que se encuentra la tubería.

El resultado final una vez montados los tubos es el siguiente:



Ilustración 10. Resultado de la rehabilitación

**a. Fuerza necesaria para el encaje de los tubos.**

La fuerza por desarrollar para realizar el encaje entre tubos debe ser mayor que el total de las siguientes fuerzas:

- Fuerzas de fricción del tubo bajo su propio peso;
- Fuerza de encaje en condiciones óptimas: alineación perfecta, lubricación perfecta... (Ver Tabla 7. Esfuerzo de montaje según tamaño de tubo de PRFV.);
- Conjuntos de fuerzas adicionales debidas a condiciones in situ (baja temperatura, desviación angular, etc.).

Como las fuerzas a desarrollar para el encaje de los tubos pueden llegar a ser importantes, se recomienda utilizar una cruz de empuje de acero (un eje vertical y un eje horizontal), que descansará dentro del extremo hembra apoyándose en el espesor de la tubería. Una protección de EPDM o tablero ayuda a proteger el canto de PRFV. La resistencia a compresión del PRFV es de 90 MPa.

Tener 2 o 3 puntos de empuje independiente ayuda a focalizar los empujes, y así, optimizar la orientación de las fuerzas y evitar posibles enclavamientos durante la maniobra de unión.



Ilustración 11. Ejemplos de cruz de empujes

b. Estimación de las fuerzas necesarias para el encaje de los tubos en condiciones ideales, de perfecta alineación y lubricación.

$$\text{Esfuerzo de montaje (Tn)} = \text{Dimensión máxima de la tubería (m)} \times 2$$

Dimensión máxima de la tubería (mm)	Esfuerzo de montaje (Tn)
500	1
1000	2
1500	3
2000	4
2500	5
3000	6

Tabla 7. Esfuerzo de montaje según tamaño de tubo de PRFV

### 4.3 Inyección del espacio entre tubos

Se recomienda que el espacio entre el colector existente y el nuevo sea de unos 50 mm, para así facilitar un correcto relleno del espacio entre tubos.

Una vez realizado el montaje de los tubos no circulares, se debe rellenar el espacio anular que queda entre el colector existente y el nuevo, mediante la inyección de una lechada de cemento. Es muy importante **sellar** previamente los extremos de la instalación **para evitar fugas del relleno**.

Existen dos procedimientos diferentes para rellenar el espacio anular que queda entre las dos conducciones.

- **Inyección por gravedad** mediante un tubo situado en la parte superior del tramo de tubería.
- **Inyección utilizando diferentes puertos de inyección de la lechada**. Los puertos pueden ser de plástico o de acero inoxidable.

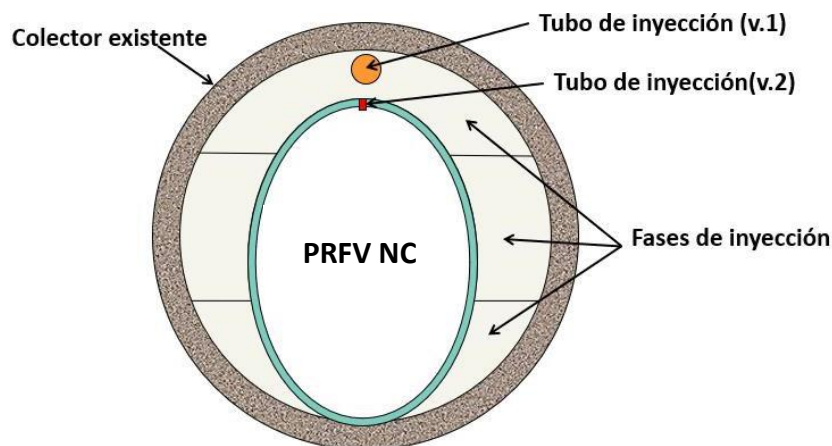


Ilustración 12. Esquema proceso inyección





Ilustración 13. Elementos de inyección

Los paneles de gran tamaño o de poco espesor deben disponer de puntales horizontales situados en el interior, con el fin de minimizar posibles deformaciones durante la inyección de la lechada. Éstos preferiblemente deberán estar situados próximos a la zona de unión entre tubos.

Para evitar la flotación y movimiento indeseado del tubo durante el proceso de inyección y relleno, se recomienda la colocación de cuñas. Pueden ser de madera, mampostería o acero. Las cuñas de madera se pueden remojar previamente para evitar cualquier discusión sobre el impacto de la hinchazón de la madera. A su vez, para proteger los paneles de las fuerzas de flotación, el llenado debe hacerse en varias etapas.



Ilustración 14. Ejemplo de cuñas anti-flotación

## 5. Conclusiones

Las tuberías de PRFV NC ofrecen soluciones para la rehabilitación de colectores no circulares mediante la técnica sin zanja de *sliplining* o *segmental lining*. Con las propiedades hidráulicas, de resistencia química y de durabilidad que posee el PRFV, se consigue prolongar y dar una nueva vida útil a las antiguas conducciones con total garantía.

Las principales ventajas de las tuberías de PRFV NC:

1. **Alta resistencia química;**
2. **Amplia gama** de dimensiones y tamaños de tubería no circular;
3. Sistemas de unión perfectamente **estancos;**
4. **Peso ligero** de la tubería. Reducción de costes de instalación;
5. **Excelente comportamiento hidráulico**, que se mantiene constante en el tiempo;
6. Excelente **resistencia a la abrasión.**

## Referencias

---

<b>ISO 16611</b>	Plastics piping systems for drainage and sewerage without pressure — Non- circular pipes and joints made of glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) based on unsaturated polyester resins (UP) — Dimensions, requirements and tests
<b>DWA-A 143-2</b>	Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren
<b>AVIS TECHNIQUE 17/15-308</b>	Tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire
<b>Dietmar Beckmann et. al.</b>	“Rehabilitation of large profiles lacking long- term stability” (2016)
<b>Olivier Thepot et. al.</b>	“Systematic comparison of the four main national methods ASTM F1216, WRC-SRM, DWA-A 143-2 and 3R-2014 applicable to flexible liners of both circular and non-circular cross-sections” (2016)
<b>Laurent Hesters</b>	“Non circular sewer Rehabilitation Relining with Discrete GRP Non-Circular Pipe and Annulus Grouting Design According to 3R-2014 Method and Technical Advice for Installation”