



# GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO, FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS A PRESIÓN DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO

**Jornada Técnica: Tuberías para riego**  
**San Fernando de Henares, 10 de mayo de 2017**

Francisco Ramón Andrés Martín. Director de Programa. CEH. CEDEX

Luis Balairón Pérez. Director del Laboratorio de Hidráulica. CEH. CEDEX



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad



1. **Introducción**
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

# 1. INTRODUCCIÓN

- Origen (Corrosión, Industria del petróleo)

- Uso actual conducc. agua a presión:

DN: 500 - 1.400

PN: 6 - 16



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 2. NORMATIVA

### OBLIGADO CUMPLIMIENTO

- **UNE-EN 1796.** Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resina de poliéster insaturada (UP). Ampliamente conocidas y utilizadas.

### RECOMENDABLE

- **CEDEX R-23.** Guía técnica para el diseño, fabricación e instalación de tuberías a presión de poliéster reforzado con fibra de vidrio. (CEDEX, TRAGSA, SEIASA, Fabricantes...)





1. Introducción

**2. Normativa**

3. Sistemas de tuberías de  
PRFV

4. Clasificación de los  
tubos

5. Fabricación

6. Diseño hidráulico

7. Diseño mecánico

8. Mantenimiento y  
reparación

9. Consideraciones  
constructivas

10. Gestión de la calidad

## 2. NORMATIVA

### RECOMENDABLE

- **ISO 10639.** Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply. Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin.
- **AWWA C950.** Fiberglass pressure pipe.
- **AWWA Manual M45.** Fiberglass Pipe Design.
- **EN 1295-1, CEN/TR 1295-2 y CEN/TR 1295-3.** Cálculo de la Resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga. (Varias partes)



1. Introducción
2. Normativa
- 3. Sistemas de tuberías de PRFV**
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 3. SISTEMAS DE TUBERÍAS DE PRFV

Componentes:

- Tubos
- Codos
- Derivaciones
- Reducciones
- Conexiones embridadas...

Todos de PRFV o en combinación con componentes de otro material:

- Fundición dúctil
- PVC
- Acero...



1. Introducción
2. Normativa
- 3. Sistemas de tuberías de PRFV**
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 3. SISTEMAS DE TUBERÍAS DE PRFV

### Uniones o juntas

- Flexibles
- Rígidas
  
- Manguito
- Campana y espiga
- Con bridas
- Encoladas
- Laminadas



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
- 4. Clasificación de los tubos**
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 4. CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS

**DN – PN – SN**

- **DN:** Diámetro nominal
- **PN:** Presión nominal
- **SN:** Rigidez nominal





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
  - **DN**
  - PN
  - SN
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 4. CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS

### **DN:** Diámetro nominal

- Designación alfanumérica: **ID (mm)**
- Series DN normalizados:
  - A: ID fijo
  - B: OD fijo
    - B1: Genérica
    - B2: Compatibilidad accesorios FD
    - B3: Compatibilidad accesorios PVC
    - B4: Compatibilidad tubos acero



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
  - **DN**
  - PN
  - SN
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 4. CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS

### **DN:** Diámetro nominal

#### - Series más utilizadas:

- **A:** 100 – 4.000
- **B1:** 300 – 4.000
- **B2:** 100 – 500

- **IMPORTANTE:** Indicar la serie junto con el DN



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
  - DN
  - **PN**
  - SN
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 4. CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS

### PN: Presión nominal

- Designación alfanumérica: relacionada con resist. a  $P_{int}$  (bar)
- PFA en utilización continuada 50 años a  $T=35^{\circ}\text{C}$
- Valores normalizados:

2,5; 4; **6**; **10**; 12,5; **16**; 20; **25**; **32**



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
  - DN
  - PN
  - SN
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 4. CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS

### SN: Rigidez nominal

- Designación alfanumérica:  $S_0$  (N/mm<sup>2</sup>)
- $S_0$ : Rigidez circunferencial específica inicial
  - Tubos PRFV: Flexibles
  - S: Rigidez circunferencial específica
    - Magnitud que indica la resistencia del tubo a ser deformado bajo acciones exteriores

$$S = \frac{E \cdot I}{D_m^3}$$



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
  - DN
  - PN
  - **SN**
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 4. CLASIFICACIÓN DE LOS TUBOS

### SN: Rigidez nominal

- Tubos PRFV: Plásticos

- S inicial:  $S_0$

- S largo plazo

- Valores normalizados:

630; 1.250; **2.500; 5.000; 10.000**



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
- 5. Fabricación**
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

- Materiales empleados
- Sistemas de fabricación
- Estructura de la pared del tubo



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - **Materiales empleados**
  - Sistemas fabricación
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### MATERIALES EMPLEADOS

- Resina de poliéster
  
- Fibra de vidrio
  
- Cargas inertes



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
    - **Resina poliéster**
    - Fibra de vidrio
    - Cargas inertes
  - Sistemas fabricación
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Resina de poliéster

- Aporta:
  - Estructura final del tubo
  - Resistencia química
- Poliéster insaturado: Polímero termoestable
- Diversos tipos de resina: Diferentes características





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
    - Resina poliéster
    - **Fibra de vidrio**
    - Cargas inertes
  - Sistemas fabricación
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Fibra de vidrio

- Aporta: Resistencia mecánica
- Formatos:
  - Hilo continuo
  - Hilo cortado
  - Mantas de hilo tejido o cosido
  - Mantas de hilo cortado
  - Velos de superficie
- Ensimaje: Tratamiento superficial para garantizar la adherencia fibra-resina

1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
    - Resina poliéster
    - Fibra de vidrio
    - **Cargas inertes**
  - Sistemas fabricación
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Cargas inertes

- Diversas materias: Aportan diferentes propiedades
- Naturaleza mineral
- La más usada: Arena de sílice
- Aportan (ejemplos):
  - Ventajas (aumenta la rigidez circunferencial,...)
  - Inconvenientes (reduce la resistencia a tracción,...)



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
  - **Sistemas fabricación**
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### SISTEMAS DE FABRICACIÓN

- Enrollamiento helicoidal
- Enrollamiento continuo
- Centrifugación
- Laminación manual



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
  - Sistemas fabricación
    - **Enroll. helicoidal**
    - Enroll. continuo
    - Centrifugación
    - Laminación man.
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Enrollamiento helicoidal

- Mandril fijo
- Carro móvil (ida y vuelta)
  
- Fibra
  - Colocada con el ángulo deseado
  - Hilo continuo
    - Resistencia circunferencial + longitudinal



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
  - Sistemas fabricación
    - Enroll. helicoidal
    - **Enroll. continuo**
    - Centrifugación
    - Laminación man.
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Enrollamiento continuo

- Carro fijo
- Molde interior móvil ( $v=cte$ )
  
- Fabricación continua de tubo y se corta a medida que sale
  
- Fibra
  - Hilo continuo (áng. cte.): Resistencia circunferencial
  - Hilo cortado: Resistencia long. y cortante



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
  - Sistemas fabricación
    - Enroll. helicoidal
    - Enroll. continuo
    - **Centrifugación**
    - Laminación man.
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Centrifugación

- Molde exterior fijo giratorio
- Alimentador interior
- Compactación: centrifugación a alta velocidad
- Fibra
  - Hilo cortado
  - Resistencia circunferencial + longitudinal



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
  - Sistemas fabricación
    - Enroll. helicoidal
    - Enroll. continuo
    - Centrifugación
    - **Laminación man.**
  - Estructura pared tubo
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### Laminación manual

- Molde fijo (sobre bancada mecánica giratoria)
- Colocación manual de las materias primas



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
  - Materiales empleados
  - Sistemas fabricación
  - **Estructura pared tubo**
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 5. FABRICACIÓN

### ESTRUCTURA DE LA PARED DEL TUBO

- Capa interior (liner)
  - Resistencia agentes químicos y abrasión
  - Estanquidad
  - Baja rugosidad hidráulica
- Capa estructural
  - Propiedades mecánicas
- Capa externa (capa superficial)
  - Resistencia a los agentes externos (medio ambiente o terreno)





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
- 6. Diseño hidráulico**
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 6. DISEÑO HIDRÁULICO

### - Rugosidad:

- Absoluta:	k	0,01 - 0,03 mm
- Manning:	n	0,009 - 0,010
- Hazen-Williams:	C	140 - 150

### - Velocidad máxima (recomendación):

ID < 300	v = 1,5 m/s
300 ≤ ID < 1.000	v = 2,0 m/s
1.000 ≤ ID	v = 2,5 m/s



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
- 7. Diseño mecánico**
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

Se basa en el desarrollo para tuberías flexibles de la formulación de Marston para tuberías rígidas enterradas.

- Respuesta:
  - Tubo flexible
  - Medio resistente: sistema mixto tubo-terreno
  
- Diseño condicionado, generalmente, por:
  - Deformabilidad del tubo frente a acciones solicitantes
  - Abolladura de la pared del tubo por inestabilidad



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
- 7. Diseño mecánico**
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

- Normativa
- Consideraciones generales
- Variables y parámetros mecánicos de la tubería
- Hipótesis sobre el comportamiento mecánico de tuberías flexibles enterradas
- Cálculo mecánico
- Comparación de resultados



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - **Normativa**
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### NORMATIVA

Existen diversas normas de cálculo mecánico para tuberías flexibles de PRFV. Cabe mencionar:

- **AWWA M45**
  - Manual americano
  - Específico tuberías PRFV
- **ATV-DVWK-A 127**
  - Norma alemana
  - Para tuberías de distintos materiales (rígidas y flexibles)
- **Fascicule 70**
  - Norma francesa



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - **Normativa**
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### NORMATIVA

- CEN/TR 1295-3
  - Publicación Europa (CEN): 2007
  - Publicación España (UNE): 2011
- Dos posibles metodologías de cálculo:
  - Opción 1 (desarrollo de la ATV-DVWK-A 127)
  - Opción 2 (desarrollo del Fascicule 70)



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - **Normativa**
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### NORMATIVA

#### *Guía técnica:*

- El proyectista elegirá el método de cálculo que considere más adecuado entre:
  - AWWA M45
  - Opción 1 de la CEN/TR 1295-3
  
- Hoja de cálculo
  - Ambos métodos
  - Versión en desarrollo



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - **Consid. generales**
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### CONSIDERACIONES GENERALES

#### Concepto de tubería rígida o flexible

##### - Rígida:

- Soporta las cargas por sí misma
- Deformaciones despreciables

##### - Flexible:

- Cuenta con la colaboración del terreno
- Ovalización acusada de la sección transversal

#### Tuberías de PRFV comerciales actuales:

- $\Delta$ Diámetro en rotura: del orden del 20 %
- $\Delta$ Diámetro límite funcionalidad tubo: 5-6 %
- Conclusión: Se comportan como flexibles

1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - **Variables y parám.**
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### VARIABLES Y PARÁMETROS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

Los dos métodos de cálculo propuestos por la GT emplean los siguientes conceptos, aunque los tratan de forma diferente:

- Deflexión
- Rigidez (circunferencial)
- Deformación última del material
- Espesor de pared



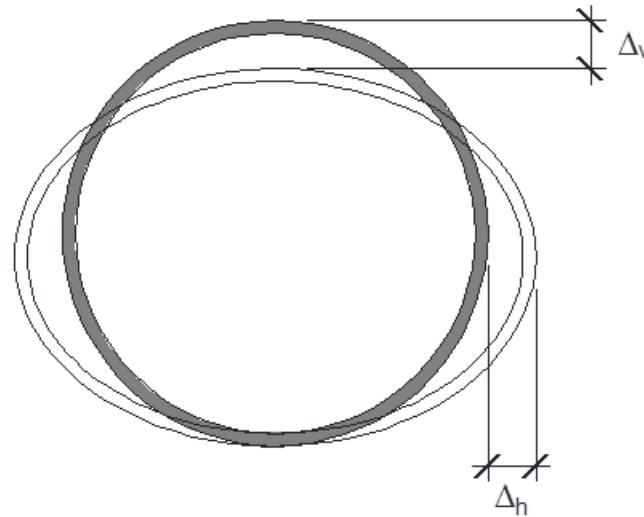


1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
    - **Deflexión**
    - Rigidez (circunf.)
    - Deformación últ.
    - Espesor pared
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Deflexión

Variación del diámetro en una determinada dirección (habitualmente la vertical).





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
    - **Deflexión**
    - Rigidez (circunf.)
    - Deformación últ.
    - Espesor pared
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Deflexión

- Puede medirse en:
  - mm
  - % respecto al diámetro medio
- Deflexión límite:
  - Valor para el que la tubería deja de tener un adecuado comportamiento en servicio
  - Suele ser el criterio condicionante en estas tuberías



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
    - Deflexión
    - **Rigidez (circunf.)**
    - Deformación últ.
    - Espesor pared
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Rigidez (circunferencial)

Parámetro que mide la rigidez transversal de la tubería aislada, es decir, la relación entre la carga vertical que se le aplica y la deflexión que se alcanza.

$$S = \frac{E \cdot I}{D_m^3}$$

1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
    - Deflexión
    - Rigidez (circunf.)
    - **Deformación últ.**
    - Espesor pared
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Deformación última del material

Deformación de rotura del mismo.

- No suele emplearse en estas tuberías (flexibles): condicionante de diseño más funcional que por agotamiento del material.



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
    - Deflexión
    - Rigidez (circunf.)
    - Deformación últ.
    - **Espesor pared**
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Espesor de pared

Hay varios conceptos:

- Espesor del liner ( $t_L$ )
- Espesor estructural ( $t$ )
- Espesor total ( $t_t = t_L + t$ )



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - **Hipótesis**
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### HIPÓTESIS SOBRE EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE TUBERÍAS FLEXIBLES ENTERRADAS

El diseño de tuberías flexibles enterradas pasa por suponer una serie de hipótesis sobre el comportamiento mecánico de la tubería. Las más destacables son las siguientes:

- Efecto silo
- Reacción horizontal del terreno
- Restablecimiento por redondeo (tuberías a presión)

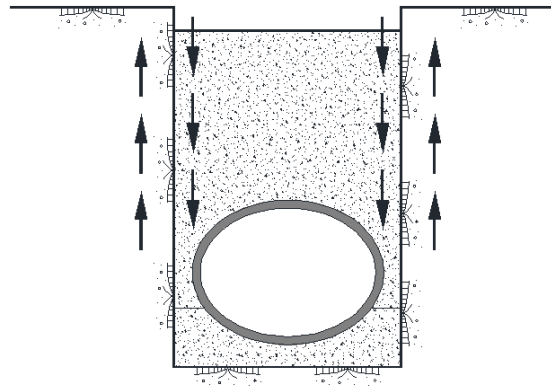


1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
    - **Efecto silo**
      - R. hor. terreno
      - Restab. redondeo
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Efecto silo (efecto arco, efecto bóveda)

- Se tiene en cuenta al evaluar la carga gravitatoria que solicita a la tubería.
- Teoría de Marston (tubos rígidos) desarrollada por Spangler para tubos flexibles.
- Esfuerzos tangenciales en el terreno: parte de la carga vertical sobre la tubería se transmite al terreno adyacente.



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
    - **Efecto silo**
    - R. hor. terreno
    - Restab. redondeo
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Efecto silo (efecto arco, efecto bóveda)

- Carga que efectivamente llega al tubo: función de...
  - Tubo rígido o flexible
  - Diferencia de consolidación a largo plazo entre relleno y terreno natural
  - Instalación de tubería en zanja, en terraplén, en zanja terraplenada, etc.

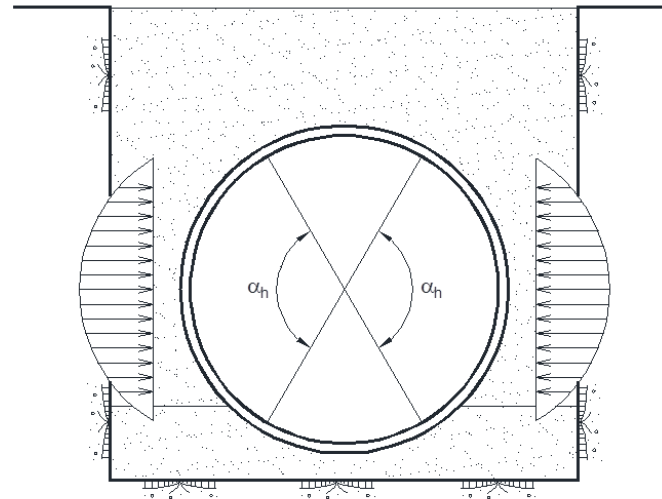


1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
    - Efecto silo
    - **R. hor. terreno**
    - Restab. redondeo
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Reacción horizontal del terreno

- Movilizada por la deflexión horizontal de la tubería en el interior de la zanja.
- Sistema resistente = conjunto de tubo + terreno que lo rodea.
- La deflexión horizontal está asociada a la deflexión vertical.



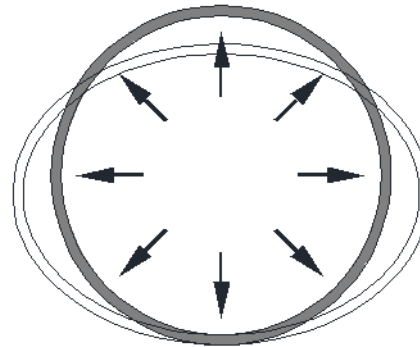


1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
    - Efecto silo
    - R. hor. terreno
    - **Restab. redondeo**
  - Cálculo mecánico
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### Restablecimiento por redondeo (tuberías a presión)

- Reducción de flexiones e incremento de axiles de tracción en la pared del tubo en sentido transversal por efecto de la presión interna.





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
    - **Ambas normas**
    - Diferencias
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### CÁLCULO MECÁNICO

#### Ambas normas (AWWA M45 y Opción 1 CEN/TR 1295-3)

- Metodología de cálculo clásica:
  - Estimación efectos acciones de servicio (sin mayorar)
  - Capacidades tensodeformacionales nominales últimas de la tubería (sin minorar)
  - Comparación de ambos exigiendo un margen de seguridad
- Comprobaciones a realizar:
  - Análisis de las condiciones de servicio:
    - Comparación: deform. esperable - deform. límite
    - Deformación límite (funcional): 5-6 %
    - Comprobación condicionante habitualmente (tuberías flexibles)



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
    - **Ambas normas**
    - Diferencias
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### CÁLCULO MECÁNICO

#### Ambas normas (AWWA M45 y Opción 1 CEN/TR 1295-3)

- Comprobaciones a realizar:
  - Análisis de la situación de agotamiento:
    - Comparación: deform. o tensiones - capacidad última material
    - En la fibra más solicitada del espesor de la pared
  - Comprobaciones hidráulicas:
    - Presión interna
    - Golpe de ariete
  - Análisis de estabilidad de la pared del tubo:
    - Presión interna
    - Cargas exteriores



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
    - **Ambas normas**
    - Diferencias
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### CÁLCULO MECÁNICO

#### Ambas normas (AWWA M45 y Opción 1 CEN/TR 1295-3)

- Combinación de acciones:
  - Presión interna
  - Acción exterior del suelo
  - Tráfico
- Número de parámetros utilizados en el cálculo: similar
  - Geometría del tubo
  - Geometría de la zanja
  - Características físico-mecánicas del tubo
  - Características del terreno natural
  - Características de los rellenos de la zanja
  - Acciones



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
    - Ambas normas
    - **Diferencias**
  - Comparación result.
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### CÁLCULO MECÁNICO

#### Diferencias

- UNE-CEN/TR 1295-3 Opción 1: Tiene en cuenta...
  - Efecto de la ovalización inicial (por compactación del relleno lateral de la zanja)
  - Efecto de la deflexión por peso propio
- AWWA M45:
  - Considera dichos efectos despreciables si se realiza una correcta ejecución conforme a sus recomendaciones



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - **Comparación result.**
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS

- Metodología:
  - AWWA M45: Más sencilla de aplicar
  - Opción 1 UNE-CEN/TR 1295-3: Más secuencial
- Condiciones de instalación:
  - AWWA M45: Menor dependencia
  - Opción 1 UNE-CEN/TR 1295-3: Permite tener en cuenta más parámetros y optimizar el diseño



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
  - Normativa
  - Consid. generales
  - Variables y parám.
  - Hipótesis
  - Cálculo mecánico
  - **Comparación result.**
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 7. DISEÑO MECÁNICO

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS

- Ángulo de apoyo del tubo sobre la cama de apoyo:
  - AWWA M45: Menor dependencia. No da directrices.
  - Opción 1 UNE-CEN/TR 1295-3: Tablas para determinarlo
- Resultados (rigidez de tubo para casos similares):
  - AWWA M45: Menos exigente
  - ATV-DVWK-A 127: Más exigente





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
- 8. Mantenimiento y reparación**
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 8. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

- Recomendación para rápida reparación: tener siempre piezas de repuesto
  - Tubos (tubos de ajuste)
  - Manguitos mecánicos,...
  
- Tubos de ajuste: Se pueden cortar con la longitud deseada con la garantía de tener las dimensiones y tolerancias precisas en sus extremos independientemente de donde se haya realizado el corte.



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
- 8. Mantenimiento y reparación**
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad

## 8. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

- Longitud de tubo a sustituir:

$$L_{\text{dañada}} + L_{f[D, \text{ distancia a junta}]}$$

- Tipo de unión a emplear:

- Manguito mecánico
- Unión laminada
- Manguito de PRFV (solo si previamente las juntas son así)

- Reparaciones de emergencia (provisionales)

- Procedimientos detallados en la Guía (corte de los tubos, reparación, sustitución, etc.)



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
- 9. Consideraciones constructivas**
10. Gestión de la calidad

## 9. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Comportamiento mecánico de los tubos PRFV: **FLEXIBLE**



Resistencia mecánica: tubo + suelo



Calidad instalación: Calidad tubería + Calidad ejecución obra



**IMPORTANTE:** Asegurarse que el relleno de la zanja se realiza adecuadamente:

- Ejecución
- Materiales
- Compactación
- Dimensiones de la zanja



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
- 9. Consideraciones constructivas**
10. Gestión de la calidad

## 9. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

### PRECAUCIONES ESPECIALES DURANTE MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

- Evitar golpes, caídas, rozaduras, rodar o arrastrar por el suelo, etc.
- Cuidar su apoyo
  - Colocar elementos de amortiguación (madera, goma, montículos de arena...)
  - Evitar apoyo sobre protuberancias rígidas
- Protección rayos UV
  - Mantener el embalaje original el mayor tiempo posible
  - Protección mediante lonas o similar en acopio: Siempre recomendable, e imprescindible si acopio mayor a 1 año.



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
- 10. Gestión de la calidad**

## 10. GESTIÓN DE LA CALIDAD

- Control de calidad de la fabricación (o previo al suministro)
  - Materias primas
  - Controles durante el proceso de fabricación
  - Producto terminado
  
- Importante: Trazabilidad y marcado
  
- Control de calidad de la instalación
  - Control de calidad de la ejecución de las obras
  - Pruebas de la tubería instalada



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad
  - **Ensayos C.C. tubos**
  - C.C. ejecución obras
  - Pruebas t. instalada

## 10. GESTIÓN DE LA CALIDAD

### ENSAYOS CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN (TUBOS)

- Control de calidad del diseño
  - Ensayo de rigidez circunferencial específica a largo plazo
  - Ensayo de resistencia a largo plazo a la deflexión circunf.
  - Ensayo de presión de fallo a largo plazo
  
- Control de calidad de la fabricación
  - Comprobaciones dimensionales
  - Ensayo de dureza Barcol a corto plazo
  - Ensayo de rigidez circunferencial específica inicial
  - Ensayo de resistencia inicial a la deflexión circunferencial
  - Ensayo de resistencia específica inicial a la tracción long.
  - Ensayo de presión de fallo inicial
  - Ensayo de estanquidad de los tubos



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad
  - Ensayos C.C. tubos
  - C.C. ejecución obras
  - Pruebas t. instalada

## 10. GESTIÓN DE LA CALIDAD

### ENSAYOS CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN (TUBOS)

- Ensayos de caracterización
  - Ensayo de fatiga

#### ***Ensayos de caracterización adicionales propuestos por la GT (no normativos):***

- Ensayo de dureza Barcol a largo plazo
- Ensayo de impacto
- E. de absorc. de agua a largo plazo de la resina pura
- E. de absorc. de agua a largo plazo del prod. terminado
- E. de resistencia química a pH ácido y básico
- E. de deflexión a largo plazo en conds. de pH ácido y básico



1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad
  - Ensayos C.C. tubos
  - **C.C. ejecución obras**
  - Pruebas t. instalada

# 10. GESTIÓN DE LA CALIDAD

## CONTROL DE CALIDAD DE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

- Transporte y almacenamiento de componentes
- Recepción e inspección visual de componentes
- Comprobaciones dimensionales
- Comprobación de trazado y secciones tipo
- C. C. de materiales utilizados en camas de apoyo y relleno
- C. de la instalación de las conducciones y ejecución de uniones
- C. de la construcción de los elem. complementarios de la red
- Ensayos de caracterización

***Lo más importante:***

***(comportamiento mecánico flexible)***

- Ejecución de los rellenos de las zanjas
- Materiales empleados en dichos rellenos





1. Introducción
2. Normativa
3. Sistemas de tuberías de PRFV
4. Clasificación de los tubos
5. Fabricación
6. Diseño hidráulico
7. Diseño mecánico
8. Mantenimiento y reparación
9. Consideraciones constructivas
10. Gestión de la calidad
  - Ensayos C.C. tubos
  - C.C. ejecución obras
  - **Pruebas t. instalada**

# 10. GESTIÓN DE LA CALIDAD

## PRUEBAS DE LA TUBERÍA INSTALADA

- Ensayo de estanquidad mediante presión hidráulica interior sobre la conducción una vez montada.
- 3 fases:
  - Prueba preliminar
  - Prueba de purga
  - Prueba principal o de puesta en carga



MUCHAS GRACIAS