

## **Anejo nº 4: CÁLCULOS MECÁNICOS**

---



---

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE.....	1
2.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	1
3. CÁLCULOS DE LA TUBERÍA ENTERRADA.....	9
4. RESULTADOS DE CÁLCULO DEL PROGRAMA.....	11



## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anejo se realizarán los cálculos mecánicos de las tuberías a instalar.

Los cálculos mecánicos se dividen en dos apartados:

- El cálculo de sobrepresiones debidas a golpe de ariete para determinar la presión máxima en la red y con ello la elección de la presión nominal (PN) de la tubería.
- El cálculo del comportamiento mecánico de la tubería sometida a esfuerzos interiores (presión del fluido) y exteriores (empuje del terreno).

## 2. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE

### 2.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El denominado “golpe de ariete” es una onda de presión producida por la inercia del fluido que recorre una conducción cuando se produce una apertura o cierre rápido de una válvula.

Se calcula de la siguiente forma:

En primer lugar se obtiene la celeridad de la onda (velocidad de propagación a lo largo del conducto) mediante la fórmula:

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

Siendo:

- a: celeridad en m/s
- K: coeficiente que depende del material. En el caso del PEAD K = 125
- D: diámetro de la fibra media de la tubería en m
- e: espesor de la pared de la tubería en m

Para escoger el diámetro de la fibra media y el espesor de la pared de la tubería se toman las dimensiones normalizadas de los tubos de PEAD que se indican en la norma UNE-EN 12201-2:2012.

Para ello previamente se ha asignado un diámetro nominal (DN) de tubería a cada tramo de manera que el diámetro interior real corresponda lo máximo posible con el diámetro de cálculo de dicho tramo. La equivalencia de diámetros se muestra en la siguiente tabla:

D <sub>diseño</sub> (mm)	DN PEAD PE100 SDR 17 PN10
80	110
100	125

D <sub>diseño</sub> (mm)	DN PEAD PE100 SDR 17 PN10
125	140
150	180
175	200
200	225
250	280

Tabla 1: Equivalencia de diámetros de diseño con diámetros nominales de PEAD.

Existen dos fórmulas para calcular la sobrepresión debida al golpe de ariete y la utilización de una u otra depende de la relación entre el denominado “tiempo de parada (T)” y el cociente  $2 \cdot L/a$

- La fórmula de Michaud se utiliza cuando  $T > 2 \cdot L/a$  (se denominan impulsiones cortas)

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$$

- La fórmula de Allievi se utiliza cuando  $T < 2 \cdot L/a$  (se denominan impulsiones largas)

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$$

Siendo:

- a: celeridad en m/s
- L: longitud de la tubería en m
- T: tiempo de parada en s
- v: velocidad del fluido en m/s
- g: aceleración de la gravedad;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

El tiempo de parada se calcula con la siguiente fórmula:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Siendo:

- T: tiempo de parada en s
- K: coeficiente que depende de la longitud de la conducción. En el presente caso, para todas las conducciones,  $K = 2$
- $H_m$ : altura manométrica. En el presente caso se toma la presión máxima recomendada  $H_m = 40$  metros columna de agua (mca)

- L: longitud de la tubería en m
- v: velocidad del fluido en m/s
- C: coeficiente que depende de  $H_m/L$ 
  - Si  $H_m/L < 0,2$ ;  $C = 1$
  - Si  $H_m/L > 0,4$ ;  $C = 0$
  - Si  $H_m/L \approx 0,2$ ;  $C = 0,6$
- g: aceleración de la gravedad;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$





Red de abastecimiento

NUDOS	LONGITUD (m)	v (m/s)	Diámetro nominal PEAD PE100 SDR 17 PN10	espesor (mm)	diámetro fibra media	celeridad a (m/s)	Hm/L	C	T (s)	2L/a	fórmula	Δh (mca)
TN-01	42,15	0,6667	280	16,6	263,4	219,635	0,949	0	0,143	0,384	Allievi	14,941
01-02	21,15	0,3925	110	6,6	103,4	221,005	1,891	0	0,042	0,191	Allievi	8,850
01-03	24,32	0,6667	280	16,6	263,4	219,635	1,645	0	0,083	0,221	Allievi	14,941
03-04*	182,08	0,1562	180	10,7	169,3	219,940	0,220	0,6	0,745	1,656	Allievi	3,506
03-06	127,42	0,6574	280	16,6	263,4	219,635	0,314	0,6	1,027	1,160	Allievi	14,733
06-05	43,59	0,5479	225	13,4	211,6	220,153	0,918	0	0,122	0,396	Allievi	12,309
05-04	52,87	0,6774	200	11,9	188,1	220,047	0,757	0	0,183	0,481	Allievi	15,211
04-07	78,56	0,6696	200	11,9	188,1	220,047	0,509	0	0,268	0,714	Allievi	15,035
07-08	10,40	0,4955	200	11,9	188,1	220,047	3,846	0	0,026	0,095	Allievi	11,126
07-09	128,91	0,5602	180	10,7	169,3	219,940	0,310	0,6	0,968	1,172	Allievi	12,572
09-10	10,60	0,5218	180	10,7	169,3	219,940	3,774	0	0,028	0,096	Allievi	11,710
09-11*	115,16	0,0859	180	10,7	169,3	219,940	0,347	0,6	0,650	1,047	Allievi	1,927
05-11	293,15	0,2596	180	10,7	169,3	219,940	0,136	1	1,388	2,666	Allievi	5,827
11-17	37,24	0,0000	180	10,7	169,3	219,940	1,074	0	0,000	0,339	Allievi	0,000
06-12	10,87	0,5972	225	13,4	211,6	220,153	3,680	0	0,033	0,099	Allievi	13,417
12-13	35,70	0,5223	200	11,9	188,1	220,047	1,120	0	0,095	0,324	Allievi	11,727
13-14	65,21	0,4901	140	8,3	131,7	219,635	0,613	0	0,163	0,594	Allievi	10,985
13-15	176,00	0,6039	180	10,7	169,3	219,940	0,227	0,6	1,142	1,600	Allievi	13,554
15-16	65,21	0,4901	140	8,3	131,7	219,635	0,613	0	0,163	0,594	Allievi	10,985
15-17	79,69	0,4368	180	10,7	169,3	219,940	0,502	0	0,178	0,725	Allievi	9,802
17-18	7,92	0,4120	180	10,7	169,3	219,940	5,051	0	0,017	0,072	Allievi	9,246
18-19	20,77	0,0167	110	6,6	103,4	221,005	1,926	0	0,002	0,188	Allievi	0,376
18-33*	83,56	0,4120	180	10,7	169,3	219,940	0,479	0	0,176	0,760	Allievi	9,246
12-20	73,42	0,5445	200	11,9	188,1	220,047	0,545	0	0,204	0,667	Allievi	12,226
20-34	35,47	0,3915	140	8,3	131,7	219,635	1,128	0	0,071	0,323	Allievi	8,773

Red de abastecimiento

NUDOS	LONGITUD (m)	v (m/s)	Diámetro nominal PEAD PE100 SDR 17 PN10	espesor (mm)	diámetro fibra media	celeridad a (m/s)	Hm/L	C	T (s)	2L/a	fórmula	Δh (mca)
20-21	53,80	0,5175	200	11,9	188,1	220,047	0,743	0	0,142	0,489	Allievi	11,619
21-22	19,22	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	2,081	0	0,046	0,175	Allievi	10,540
21-23	57,05	0,6660	180	10,7	169,3	219,940	0,701	0	0,194	0,519	Allievi	14,947
23-39	18,79	0,0000	180	10,7	169,3	219,940	2,129	0	0,000	0,171	Allievi	0,000
23-24	22,89	0,5582	180	10,7	169,3	219,940	1,747	0	0,065	0,208	Allievi	12,527
24-25	51,96	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	0,770	0	0,125	0,474	Allievi	10,540
24-26	15,51	0,5113	180	10,7	169,3	219,940	2,579	0	0,040	0,141	Allievi	11,474
26-27	52,12	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	0,767	0	0,125	0,475	Allievi	10,540
26-28	23,17	0,4604	180	10,7	169,3	219,940	1,726	0	0,054	0,211	Allievi	10,333
28-29	54,12	0,4604	180	10,7	169,3	219,940	0,739	0	0,127	0,492	Allievi	10,333
29-30	21,16	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	1,890	0	0,051	0,193	Allievi	10,540
29-31	53,41	0,2092	180	10,7	169,3	219,940	0,749	0	0,057	0,486	Allievi	4,695
31-32	24,14	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	1,657	0	0,058	0,220	Allievi	10,540
31-33	12,54	0,0000	180	10,7	169,3	219,940	3,190	0	0,000	0,114	Allievi	0,000
TS-51	87,65	0,4877	280	16,6	263,4	219,635	0,456	0	0,218	0,798	Allievi	10,930
51-60	60,07	0,4558	180	10,7	169,3	219,940	0,666	0	0,140	0,546	Allievi	10,229
60-61	41,49	0,1288	110	6,6	103,4	221,005	0,964	0	0,027	0,375	Allievi	2,904
60-62	96,25	0,4558	180	10,7	169,3	219,940	0,416	0	0,224	0,875	Allievi	10,229
62-63	145,79	0,2138	180	10,7	169,3	219,940	0,274	0,6	0,759	1,326	Allievi	4,798
63-57*	52,12	0,1055	180	10,7	169,3	219,940	0,767	0	0,028	0,474	Allievi	2,367
62-65	9,77	0,3693	180	10,7	169,3	219,940	4,094	0	0,018	0,089	Allievi	8,289
65-64	145,96	0,1996	180	10,7	169,3	219,940	0,274	0,6	0,749	1,327	Allievi	4,481
64-63	9,77	0,0000	180	10,7	169,3	219,940	4,094	0	0,000	0,089	Allievi	0,000
64-66*	55,55	0,1055	180	10,7	169,3	219,940	0,720	0	0,030	0,505	Allievi	2,367
65-66	199,91	0,3058	180	10,7	169,3	219,940	0,200	0,6	0,912	1,818	Allievi	6,862

Red de abastecimiento

NUDOS	LONGITUD (m)	v (m/s)	Diámetro nominal PEAD PE100 SDR 17 PN10	espesor (mm)	diámetro fibra media	celeridad a (m/s)	Hm/L	C	T (s)	2L/a	fórmula	Δh (mca)
66-67	51,32	0,4632	125	7,4	117,6	219,470	0,779	0	0,121	0,468	Allievi	10,373
66-49*	406,02	0,2439	180	10,7	169,3	219,940	0,099	1	1,505	3,692	Allievi	5,473
51-52	37,71	0,6546	225	13,4	211,6	220,153	1,061	0	0,126	0,343	Allievi	14,705
52-53	44,67	0,5078	200	11,9	188,1	220,047	0,895	0	0,116	0,406	Allievi	11,402
53-54	65,21	0,4901	140	8,3	131,7	219,635	0,613	0	0,163	0,594	Allievi	10,985
53-55	115,16	0,5776	180	10,7	169,3	219,940	0,347	0,6	0,939	1,047	Allievi	12,963
55-56	65,21	0,4901	140	8,3	131,7	219,635	0,613	0	0,163	0,594	Allievi	10,985
55-57	119,47	0,4270	180	10,7	169,3	219,940	0,335	0,6	0,860	1,086	Allievi	9,583
57-58	35,56	0,3965	180	10,7	169,3	219,940	1,125	0	0,072	0,323	Allievi	8,898
58-59	15,57	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	2,569	0	0,037	0,142	Allievi	10,540
58-48	49,19	0,3187	180	10,7	169,3	219,940	0,813	0	0,080	0,447	Allievi	7,153
48-49	81,96	0,3058	180	10,7	169,3	219,940	0,488	0	0,128	0,745	Allievi	6,862
49-50	58,92	0,4057	140	8,3	131,7	219,635	0,679	0	0,122	0,537	Allievi	9,093
49-33	24,93	0,0000	180	10,7	169,3	219,940	1,604	0	0,000	0,227	Allievi	0,000
52-35	88,60	0,6517	200	11,9	188,1	220,047	0,451	0	0,295	0,805	Allievi	14,633
35-20*	106,90	0,2818	180	10,7	169,3	219,940	0,374	0,6	0,754	0,972	Allievi	6,324
35-36	53,84	0,5848	200	11,9	188,1	220,047	0,743	0	0,161	0,489	Allievi	13,132
36-37	19,67	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	2,034	0	0,047	0,179	Allievi	10,540
36-38	57,48	0,5246	200	11,9	188,1	220,047	0,696	0	0,154	0,522	Allievi	11,780
38-39	88,10	0,2818	180	10,7	169,3	219,940	0,454	0	0,127	0,801	Allievi	6,324
39-40	52,81	0,2062	110	6,6	103,4	221,005	0,757	0	0,056	0,478	Allievi	4,651
38-41	22,28	0,5928	180	10,7	169,3	219,940	1,795	0	0,067	0,203	Allievi	13,303
41-42	23,42	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	1,708	0	0,056	0,213	Allievi	10,540
41-43	16,08	0,5483	180	10,7	169,3	219,940	2,488	0	0,045	0,146	Allievi	12,305
43-44	23,13	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	1,729	0	0,056	0,211	Allievi	10,540

NUDOS	LONGITUD (m)	v (m/s)	Diámetro nominal PEAD PE100 SDR 17 PN10	espesor (mm)	diámetro fibra media	celeridad a (m/s)	Hm/L	C	T (s)	2L/a	fórmula	$\Delta h$ (mca)
43-45	22,56	0,5006	180	10,7	169,3	219,940	1,773	0	0,058	0,205	Allievi	11,235
45-28*	106,89	0,2818	180	10,7	169,3	219,940	0,374	0,6	0,754	0,972	Allievi	6,324
45-46	54,34	0,4043	180	10,7	169,3	219,940	0,736	0	0,112	0,494	Allievi	9,073
46-47	19,73	0,4707	125	7,4	117,6	219,470	2,027	0	0,047	0,180	Allievi	10,540
46-48*	66,36	0,2398	180	10,7	169,3	219,940	0,603	0	0,081	0,603	Allievi	5,382

Tabla 2: Sobrepressiones en los tramos debidas al golpe de ariete.

La sobrepresión máxima en algunos tramos es ligeramente mayor a 15 mca lo que sumado a los 40 mca de presión máxima de diseño de la red, supone no sobrepasar en ningún momento los 60 mca.

Por lo que se estima adecuado escoger para esta red de abastecimiento conducciones de Polietileno de Alta densidad PN10 (presión nominal 10 atmósferas).

### 3. CÁLCULOS DE LA TUBERÍA ENTERRADA

Para efectuar el cálculo mecánico de los esfuerzos y deformaciones de la tubería enterrada en la zanja se utilizará el método definido por la norma UNE 53331:1997.

Esta norma verifica el cumplimiento mecánico frente a las siguientes hipótesis de combinación de esfuerzos.

- Estado tensional debido a la carga combinada de presión interna y empuje externo (a corto y largo plazo).
- Estado tensional debido a las acciones externas (a corto y largo plazo).
- Deformaciones por la carga combinada.
- Deformaciones por las acciones externas.
- Pandeo o colapso.

El cálculo de los esfuerzos y deformaciones con las hipótesis mencionadas anteriormente se ha realizado con la aplicación informática *“Programa de cálculo mecánico de tuberías compactas de PE a presión”* desarrollada por la Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos (ASETUB).

Como datos geométricos y del terreno para el cálculo se han considerado los siguientes:

#### Geometría de la zanja

- 1 m de profundidad hasta clave de la tubería.
- Anchura: DN + 40 cm (DN + 50 cm para DN 280)
- Sección rectangular con paredes verticales.

#### Suelo natural en la zona:

- Medianamente cohesivo.

#### Relleno de la zanja

- Material no cohesivo (arena seca y grava).
- Compactación con control de ejecución y densidad.

#### Sobrecargas externas

- Tráfico pesado (60 toneladas).



## 4. RESULTADOS DE CÁLCULO DEL PROGRAMA



### 1. : Tramos DN110

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN110  
Según tabla  
No

#### 1.1. Entrada de datos:

##### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

##### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

##### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>w,max</sub> 0,00 m  
h<sub>w,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 4,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 6,0 bar  
Si  
YF 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
SLW 60

##### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 0,50 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

##### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 110 (6,6 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,33	%
Deflexión admisible:	zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	21,77	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf $\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.





## 1. : Tramos DN125

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN125  
Según tabla  
No

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez  
circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>W,max</sub> 0,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 4,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 6,0 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
SLW 60

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 0,55 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 125 (7,4 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,33	%
Deflexión admisible:	zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	21,77	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf $\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



## 1. : Tramos DN140

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN140  
Según tabla  
No

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>w,max</sub> 0,00 m  
h<sub>w,min</sub> 0,00 m  
P<sub>i,K</sub> 4,0 bar  
P<sub>i,L</sub> 6,0 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
SLW 60

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 0,55 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 140 (8,3 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,33	%
Deflexión admisible:	zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	21,77	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf $\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



## 1. : Tramos DN180

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN180  
Según tabla  
No

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m³  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m²  
h<sub>W,max</sub> 0,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 4,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 6,0 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m³  
SLW 60

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 0,60 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 180 (10,7 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,935	3,935	3,935	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,33	%
Deflexión admisible:	zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	21,77	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf $\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



## 1. : Tramos DN200

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN200  
Según tabla  
No

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>w,max</sub> 0,00 m  
h<sub>w,min</sub> 0,00 m  
P<sub>i,K</sub> 4,0 bar  
P<sub>i,L</sub> 6,0 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
SLW 60

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 0,60 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 200 (11,9 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,940	3,940	3,940	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,940	3,940	3,940	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	$\text{erf } \gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	$\text{erf } \gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,45	%
Deflexión admisible:	$zul \delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	20,17	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.





## 1. : Tramos DN225

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN225  
Según tabla  
No

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez  
circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
 $E4 = 10 \cdot E1$ :

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
 $D_{Pr,E3}$  95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

$h$  1,00 m  
 $\gamma$  20,0 kN/m<sup>3</sup>  
 $p_0$  0,0 kN/m<sup>2</sup>  
 $h_{W,max}$  0,00 m  
 $h_{W,min}$  0,00 m  
 $P_{I,K}$  4,0 bar  
 $P_{I,L}$  6,0 bar  
Si  
 $\gamma_F$  10,0 kN/m<sup>3</sup>  
SLW 60

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
 $b$  0,70 m  
 $\beta$  90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
 $a$  1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 225 (13,4 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,944	3,944	3,944	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,944	3,944	3,944	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,63	%
Deflexión admisible:	zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	18,23	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf $\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



## 1. : Tramos DN280

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Tramos DN280  
Según tabla  
No

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez  
circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127  
no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G1  
tabla 8 (A127)  
G1  
tabla 8 (A127)  
G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>w,max</sub> 0,00 m  
h<sub>w,min</sub> 0,00 m  
P<sub>i,K</sub> 4,0 bar  
P<sub>i,L</sub> 6,0 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
SLW 60

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 0,80 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 10,0 bar (SDR = 17,0)  
DN 280 (16,6 mm)



## 1.2. Resultados:

### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

#### 1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,924	3,924	3,924	[-]
Coefficiente de seguridad externo	$\gamma$	3,924	3,924	3,924	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	$\text{erf } \gamma_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	$\text{erf } \gamma_{RBD}$	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

#### 1.2.1.2. Prueba de deformación

Deformación vertical relativa:	$\delta_v$	1,89	%
Deflexión admisible:	$z_{ul} \delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

#### 1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	15,98	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.