

TFG-Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

Anejo de cálculos mecánicos

Curso: 2013/2014
Fecha de presentación: 06/2014
Universidad Politécnica de Valencia (UPV)
Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos (ETSICCP)
Grado en Ingeniería de Obras Públicas (GIOP)
Tutor: José Ferrer Polo
Cotutor: Daniel Aguado García
Autora: Carmen Hernández de Vega



Índice

1. Introducción 5

2. Obtención de datos previos..... 5

3. Bases para el cálculo mecánico y resultados 7

4. Informes de resultados abreviados obtenidos mediante el programa 8

 4.1. Resultados DN 90 con carga de tráfico SLW 60 8

 4.2. Resultados DN 110 con carga de tráfico SLW 60..... 10

 4.3. Resultados DN 160 con carga de tráfico SLW 60..... 13

 4.4. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 30..... 15

 4.5. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 60..... 18

 4.6. Resultados DN 200 con carga de tráfico SLW 60..... 20

5. Informes de resultados completos obtenidos mediante el programa 23

 5.1. Resultados DN 90 con carga de tráfico SLW 60 23

 5.2. Resultados DN 110 con carga de tráfico SLW 60..... 29

 5.3. Resultados DN 160 con carga de tráfico SLW 60..... 36

 5.4. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 30..... 42

 5.5. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 60..... 49

 5.6. Resultados DN 200 con carga de tráfico SLW 60..... 55

1. Introducción

En el presente documento se detallarán las premisas para el cálculo mecánico y se explicarán los resultados obtenidos a partir del programa de "Cálculo mecánico de tuberías compactas de polietileno (PE) a presión", facilitado por la Asociación Española de fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos (AseTUB).

2. Obtención de datos previos

Para realizar el cálculo mecánico se deberá obtener la presión máxima de diseño (MDP), el ancho de la zanja correspondiente para cada diámetro nominal y la profundidad de instalación de dicha tubería. Además supondrán las densidades del suelo y del agua, las cargas de tráfico y el tipo de terreno de la zona.

La presión máxima de diseño (MDP) es aquella máxima presión, incluyendo las posibles fluctuaciones causadas por el golpe de ariete, que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio. Debe calcularse para comprobar que la tubería sería capaz de soportar dicha presión, por tanto a continuación se muestra el procedimiento de cálculo y los resultados obtenidos (Tabla 1. y Tabla 2.):

$$D_m = D + e$$

Se ha tomado como valor del módulo de elasticidad del polietileno 10^8 kg/m^2 (E)

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K_c * \frac{D}{e}}}$$

$$\Delta H = \frac{a * v}{9.81}$$

$$P_{min} = P - \Delta H$$

$$P_{max} = P + \Delta H$$

RED 1										
Nudos del tramo	e (mm)	D (mm)	E (kg/m ²)	K _c	a (m/s)	v (m/s)	ΔH	P (mca)	P _{min} (mca)	P _{max} (mca)
1_42	3.5	83.0	1.E+08	100	201.26	0.424	8.69	39.74	31.05	48.43
1_2	6.9	166.2	1.E+08	100	199.73	0.682	13.88	39.52	25.64	53.40
2_4	6.9	166.2	1.E+08	100	199.73	0.682	13.88	37.80	23.93	51.68
4_5	5.4	166.2	1.E+08	100	177.07	0.373	6.72	36.22	29.49	42.94
5_6	5.4	166.2	1.E+08	100	177.07	0.314	5.67	36.09	30.41	41.76
6_7	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.122	1.78	35.88	34.10	37.66
7_8	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.122	1.78	35.40	33.62	37.17
4_9	4.8	166.2	1.E+08	100	167.08	0.278	4.74	37.97	33.23	42.71

9_10	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.053	0.70	38.17	37.47	38.87
9_12	4.8	166.2	1.E+08	100	167.08	0.246	4.19	37.65	33.46	41.84
12_13	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.053	0.70	37.89	37.19	38.59
12_16	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.215	3.43	37.18	33.75	40.61
16_17	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.105	1.52	37.42	35.90	38.95
16_20	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.161	2.57	36.72	34.15	39.29
20_21	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.105	1.52	37.01	35.49	38.54
21_22	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
20_25	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.103	1.50	37.02	35.52	38.52
6_26	4.8	166.2	1.E+08	100	167.08	0.287	4.89	36.15	31.26	41.04
26_25'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
26_28	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.112	1.63	36.49	34.87	38.12
28_24	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
28_62	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.011	0.14	36.45	36.31	36.59
28_30'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
26_29	4.8	166.2	1.E+08	100	167.08	0.247	4.20	35.96	31.76	40.16
29_30	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.118	1.72	36.19	34.47	37.90
30_63	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.021	0.28	36.18	35.89	36.46
30_31	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
29_32	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.199	3.17	35.79	32.63	38.96
32_33	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.096	1.40	35.53	34.13	36.92
32_34	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.165	2.62	35.77	33.15	38.40
34_35	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.112	1.63	35.95	34.33	37.58
35_31'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
35_65	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.021	0.28	36.91	36.63	37.19
35_36	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
34_37	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.124	1.80	35.59	33.79	37.39
37_38	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.084	1.11	35.70	34.59	36.81
38_36'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
38_69	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.021	0.28	35.62	35.34	35.90
38_39	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
37_40	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.042	0.56	35.42	34.86	35.98
40_41	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.042	0.56	35.28	34.72	35.84
41_39'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
41_70	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.021	0.28	35.19	34.91	35.47

Tabla 1. Cálculo de la velocidad de propagación del golpe de ariete y la presión máxima de diseño de la red 1.

RED 2										
Nudos del tramo	e (mm)	D (mm)	E (kg/m ²)	K _c	a (m/s)	v (m/s)	ΔH	P (mca)	P _{min} (mca)	P _{max} (mca)
44_43	6.9	166.2	1.E+08	100	199.73	0.676	13.76	39.57	25.82	53.33
43_42'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
43_50	6.9	166.2	1.E+08	100	199.73	0.651	13.25	37.40	24.15	50.65
50_49	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
50_11	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.053	0.70	37.65	36.95	38.35
11_10'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
11_14	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
14_13'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
14_15	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
50_51	6.2	166.2	1.E+08	100	189.51	0.494	9.54	37.08	27.53	46.62
51_14'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.053	0.70	37.33	36.63	38.03
51_55	6.2	166.2	1.E+08	100	189.51	0.458	8.84	36.67	27.83	45.51
55_56	6.2	166.2	1.E+08	100	189.51	0.421	8.14	36.64	28.51	44.78
56_18	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.105	1.52	36.81	35.29	38.34
18_15'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
18_17'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
18_19'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
56_57	6.2	166.2	1.E+08	100	189.51	0.387	7.47	36.49	29.02	43.96
57_54'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
57_58	6.2	166.2	1.E+08	100	189.51	0.387	7.47	36.22	28.75	43.69
58_23	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.105	1.52	36.36	34.84	37.88
23_19	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
23_22'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
23_24'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
58_61	5.4	166.2	1.E+08	100	177.07	0.357	6.45	35.75	29.30	42.20
61_60'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
61_62'	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.094	1.37	35.86	34.49	37.24
61_64	5.4	166.2	1.E+08	100	177.07	0.329	5.93	35.39	29.46	41.32
64_63'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.084	1.11	35.57	34.46	36.69
64_66	4.8	166.2	1.E+08	100	167.08	0.281	4.78	35.05	30.26	39.83
66_65'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.084	1.11	36.29	35.18	37.41
66_68	4.8	166.2	1.E+08	100	167.08	0.221	3.76	34.71	30.95	38.47
68_69'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.084	1.11	34.98	33.87	36.10
68_71	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.156	2.48	34.39	31.90	36.87
71_70'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.032	0.42	34.55	34.12	34.97
71_72	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.119	1.73	34.37	32.64	36.10
72_73	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.119	1.73	34.17	32.44	35.90
44_45	7.7	184.6	1.E+08	100	200.19	0.706	14.40	39.68	25.28	54.08
45_48	7.7	184.6	1.E+08	100	200.19	0.706	14.40	37.30	22.90	51.70
48_49	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.122	1.78	37.54	35.76	39.32

48_53	6.9	166.2	1.E+08	100	199.73	0.665	13.54	36.26	22.72	49.81
53_54	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.103	1.50	36.50	35.00	38.00
53_59	6.9	166.2	1.E+08	100	199.73	0.546	11.11	35.53	24.42	46.64
59_60	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.096	1.40	35.68	34.29	37.08
59_79	6.2	147.6	1.E+08	100	200.88	0.633	12.97	33.12	20.15	46.08
79_76	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.176	2.81	32.36	29.55	35.17
76_74	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.138	2.20	32.39	30.19	34.59
74_73'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23					
74_75	4.2	166.2	1.E+08	100	156.43	0.138	2.20	32.28	30.08	34.48
75_77	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.133	1.94	32.28	30.34	34.23
79_80	4.2	101.6	1.E+08	100	199.31	0.576	11.71	32.94	21.23	44.65
80_81	4.2	101.6	1.E+08	100	199.31	0.508	10.32	32.79	22.47	43.11
81_83	4.2	101.6	1.E+08	100	199.31	0.508	10.32	31.58	21.26	41.89
83_84	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.042	0.56	31.60	31.04	32.17
84_77'	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.011	0.14	31.86	31.72	32.01
84_85	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.032	0.42	31.83	31.41	32.26
83_86	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.032	0.42	31.35	30.93	31.78
86_87	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.021	0.28	31.34	31.06	31.63
87_88	2.9	166.2	1.E+08	100	130.23	0.021	0.28	31.42	31.14	31.71
80_89	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.133	1.94	32.74	30.79	34.68
89_90	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.096	1.40	31.63	30.24	33.03
89_91	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.103	1.50	32.70	31.20	34.21
91_92	3.5	166.2	1.E+08	100	142.94	0.103	1.50	31.48	29.98	32.98

Tabla 2. Cálculo de la velocidad de propagación del golpe de ariete y la presión máxima de diseño de la red 2.

Se han calculado también las presiones mínimas (P_{min}) para comprobar que estas no son negativas debidas al golpe de ariete, dado que esto no sucede, no se producirá el colapso de la tubería. La mayor presión de las presiones máximas (P_{max}) será la correspondiente a la presión máxima de diseño (MDP), en este caso se trata de 5.31 bar (54.08 m.c.a presión correspondiente al tramo 44_45).

Puesto que las conducciones se sitúan en el eje de la calzada, según la Norma UNE 53331 IN, la profundidad mínima a la que debe situarse la clave de la tubería es de un metro. Siguiendo con esta norma, podemos definir el ancho de la zanja (B) como:

$$B = DN (m) + e(m) + 0.4$$

Además, siguiendo el criterio de esta misma norma, se ha definido el espesor de la cama de apoyo. Este apoyo se ha considerado de tipo A, es decir, una cama, donde descansa la conducción, continua de material granular compactado de manera uniforme en toda su longitud. Dicha cama envolverá al tubo hasta el ángulo 2α , el cual se ha escogido que sea de 120° . El espesor (e) de dicha cama de apoyo se obtendrá como:

$$e = 0.1 * (1 + DN (m))$$

Se muestran a continuación los resultados de las variables anteriores (Tabla 3.):

DN (mm)	B (m)	e (m)
90	0.49	0.109
110	0.51	0.111
160	0.56	0.116
180	0.58	0.118
200	0.60	0.120

Tabla 3. Cálculo del ancho de las zanjas y el espesor de las camas de apoyo.

Debido a que no se conocen las condiciones de la zona se ha supuesto una densidad del terreno de 20 kN/m³ y un tipo de suelo G2. Se trata de un suelo ligeramente cohesivo formado por gravas y arenas con un porcentaje de limos o arcillas entre el 5% y el 15%. Puesto que este terreno ya ha sido compactado previamente para construir el pavimento tendrá una densidad proctor elevada, pero se ha supuesto el 90% para quedarnos del lado de la seguridad. Debido a la elevada compactación del terreno es posible utilizar para el talud de la zanja un ángulo recto, pero por razones de seguridad se ha decidido realizarlo de 70°.

Se ha supuesto una carga de tráfico SLW60 para la Avenida Arquitecto Alfredo Simón Gurumeta, C/ Periodista Azzeti, C/ Alcala Galiano, C/ H-7 y C/ Virgen de Losar por ser vías principales, y una carga de tráfico de SLW30 para las demás.

3. Bases para el cálculo mecánico y resultados

Para dimensionar mecánicamente conducciones de polietileno se debe seguir la metodología de cálculo especificada en la Norma UNE 53331 IN, la cual está basada en la norma alemana ATV 127. Puesto que el polietileno es muy flexible, el diseño mecánico se verá limitado por la deformación máxima admisible a causa de la seguridad. Sin embargo deben de realizarse cada una de las comprobaciones siguientes:

- Hipótesis 1: estado tensional debido a la acción de la presión interna positiva.

En esta hipótesis únicamente se tendrá en cuenta la presión interna que ejerce el agua sobre la tubería, por tanto deberá comprobarse que:

$$PD < PN (= PFA) \quad MDP < PMA$$

Como ya se expuso en el anejo de cálculos hidráulicos, se ha optado por una conducción PN 6 ya que la presión de diseño es de 3.9 bar y no es posible utilizar PN menores a causa de la imposibilidad de fabricación. Por tanto el primer criterio se cumple.

Calculando la presión máxima admisible (PMA) como:

$$PMA = 1.3 * PFA (= PN)$$

Se obtiene un valor de la misma de 7.8 bar. Por tanto, el segundo criterio también se cumple ya que la presión máxima de diseño (MDP) calculada anteriormente tiene un valor de 5.31 bar.

- Hipótesis 2: estado tensional y deformaciones debidas a las acciones externas y la presión interna positiva.

En esta hipótesis debe comprobarse que el coeficiente de seguridad a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base de la conducción sea superior al coeficiente de seguridad (C) establecido por la Norma UNE 53331 IN, y que la deformación que se produzca sea menor al 6% del diámetros de la tubería.

- Hipótesis 3: estado tensional y deformaciones debidas a las acciones externas

En esta hipótesis se comprueba que las acciones externas generan un coeficiente de seguridad a largo plazo para los esfuerzos tangenciales de flexotracción en clave, riñones y base, superior al admisible (C) establecido por la Norma UNE 53331 IN y que las deformaciones son interiores al 6% del diámetro de la conducción.

- Hipótesis 4: pandeo o colapso debido a acciones externas y presión interna negativa.

En esta hipótesis se plantea la acción conjunta de las presiones internas negativas y las cargas externas para comprobar que el coeficiente de seguridad frente a pandeo sea superior al establecido por la Norma UNE 53331 IN (C).

Existen dos clases de seguridad en la Norma UNE 53331 y se ha establecido un tipo de seguridad A. Aunque no se conozca la presencia de nivel freático en la zona, se ha supuesto esta seguridad porque la zona de implantación de la red es urbana y una reducción del servicio o fallo podría suponer notables consecuencias económicas. Por tanto, el coeficiente de seguridad (C) impuesto por la Norma UNE 53331 IN tiene un valor de 2.5.

Se ha decidido, incorporar al interior de la zanja el material excavado para ahorrar costes. Sin embargo, este debe cribado antes de su colocación para eliminar posibles impurezas. Se han supuesto unas condiciones de colocación de dicho material A4 y B4. Estas condiciones suponen una gran compactación por capas con un control de la misma.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos mediante el programa facilitado por ASETUB (Tabla 4.)

DN (mm)	Carga	Coef. Presión interna	Def. vertical relativa (%)	Coef. Estabilidad
90	SLW 60	3.78	1.61	12.670
110	SLW 60	3.71	1.63	12.360
160	SLW 60	3.77	2.10	10.400
180	SLW 30	3.73	1.55	13.330
180	SLW 60	3.73	2.31	9.640
200	SLW 60	3.74	2.45	9.240
Criterio		> 2.5	< 6%	> 2.5

Tabla 4. Resultados del cálculo mecánico.

Como se puede observar, los resultados obtenidos cumplen los criterios establecidos por la Norma UNE 53331 IN, por tanto la red diseñada es mecánicamente estable.

4. Informes de resultados abreviados obtenidos mediante el programa

4.1. Resultados DN 90 con carga de tráfico SLW 60



INFORME ABREVIADO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:

Empresa / Entidad:

Autor:

Informe nº:

Fecha:

Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

UPV -ETSICCP - GIOP - TFG

Carmen Hernández de Vega

001

24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



Contenido

1. : DN 90 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión	4
1.2.1.2. Prueba de deformación	4
1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):	4



1. : DN 90 con SLW 60

Descripción del tramo: DN 90 con SLW 60
Tipo de cálculo: Según tabla
Añadir dibujo para imprimir: Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad: A (caso normal)
Deflexión admisible: 6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna: De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión: no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada: No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno: G2
Cálculo E1: tabla 8 (A127)
Tipo de relleno en la zona del tubo: G2
Cálculo E20: tabla 8 (A127)
Tipo de suelo natural: G2
Cálculo E3: Densidad Proctor
Densidad Proctor E3: D_{Pr,E3} 90,0 %
E4 = 10 · E1: Si

1.1.3. Carga

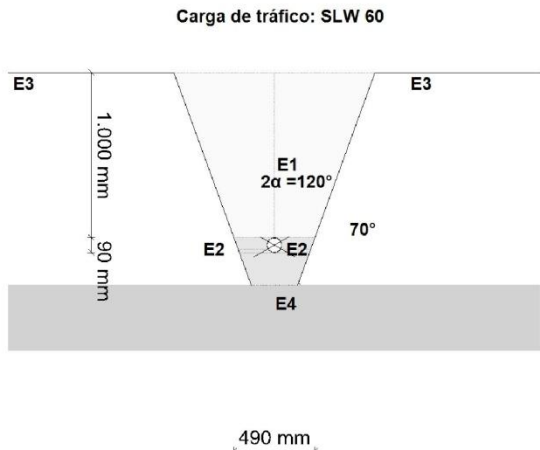
Altura de recubrimiento: h 1,00 m
Densidad del suelo: γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional: p₀ 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo: h_{VW,max} 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo: h_{VW,min} 0,00 m
Presión interna, corto plazo: P_{1,K} 5,3 bar
Presión interna, largo plazo: P_{1,L} 3,9 bar
Sección llena: Si
Densidad del fluido: γ_F 10,0 kN/m³
Carga de tráfico: SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación: Zanja
Ancho de zanja: b 0,49 m
Ángulo del talud: β 70 °
Condiciones de relleno: A4
Condiciones de la instalación: B4
Tipo de apoyo: suelto
Ángulo de apoyo: 120°
Proyección relativa: a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material: PE 100
Presión nominal: PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)
Diámetro nominal: DN 90 (3,5 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	γ	3,784	3,784	3,784	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	3,784	3,784	3,784	[-]
(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 γ_{RZ} 2,50 [-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf γ_{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:	δ _v	1,61	%
Deflexión admisible:	zul δ _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:	γ	12,67	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00	[-]



Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

4.2. Resultados DN 110 con carga de tráfico SLW 60



INFORME ABREVIADO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV - ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	002
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



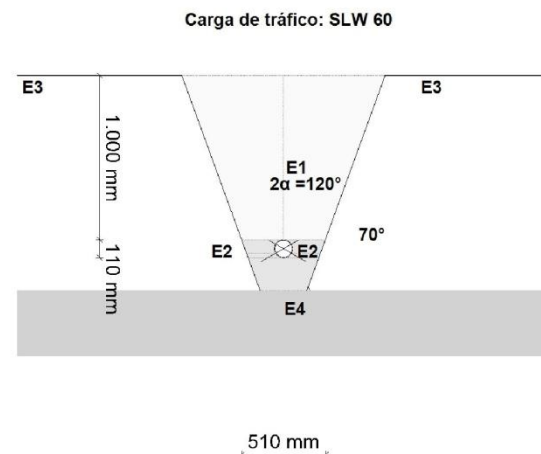
Contenido

1. : DN 110 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión	4
1.2.1.2. Prueba de deformación	4
1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):	4



1. : DN 110 con SLW 60

Descripción del tramo:	DN 110 con SLW 60		
Tipo de cálculo:	Según tabla		
Añadir dibujo para imprimir:	Si		
1.1. Entrada de datos:			
1.1.1. Opciones de seguridad			
Clase de seguridad:	A (caso normal)		
Deflexión admisible:	6% (habitual)		
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127		
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)		
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No		
1.1.2. Suelo			
Tipo de relleno:	G2		
Cálculo E1:	tabla 8 (A127)		
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G2		
Cálculo E20:	tabla 8 (A127)		
Tipo de suelo natural:	G2		
Cálculo E3:	Densidad Proctor		
Densidad Proctor E3:	D _{Pr,E3}	90,0	%
E4 = 10 · E1:	Si		
1.1.3. Carga			
Altura de recubrimiento:	h	1,00	m
Densidad del suelo:	γ	20,0	kN/m³
Carga superficial adicional:	p ₀	0,0	kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h _{W,max}	0,00	m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h _{W,min}	0,00	m
Presión interna, corto plazo:	P _{I,K}	5,3	bar
Presión interna, largo plazo:	P _{I,L}	3,9	bar
Sección llena:	Si		
Densidad del fluido:	γ _F	10,0	kN/m³
Carga de tráfico:	SLW 60		
1.1.4. Instalación			
Instalación:	Zanja		
Ancho de zanja:	b	0,51	m
Ángulo del talud:	β	70	°
Condiciones de relleno:	A4		
Condiciones de la instalación:	B4		
Tipo de apoyo:	suelto		
Ángulo de apoyo:	120°		
Proyección relativa:	a	1,00	[-]
1.1.5. Tubo de la base de datos			
Material:	PE 100		
Presión nominal:	PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)		
Diámetro nominal:	DN 110 (4,2 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	γ	3,710	3,710	3,710	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	3,710	3,710	3,710	[-]

(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 γ _{RBZ}	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf γ _{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:	δ _v	1,63	%
Deflexión admisible:	zul δ _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:	γ	12,36	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

4.3. Resultados DN 160 con carga de tráfico SLW 60



INFORME ABREVIADO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	003
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



Contenido

1. : DN 160 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión	4
1.2.1.2. Prueba de deformación	4
1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):	4

1. : DN 160 con SLW 60

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

DN 160 con SLW 60
Según tabla
Si

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:

G2
tabla 8 (A127)
G2
tabla 8 (A127)
G2
Densidad Proctor
D_{Pr,E3} 90,0 %
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
p₀ 0,0 kN/m²
h_{W,max} 0,00 m
h_{W,min} 0,00 m
P_{1,K} 5,3 bar
P_{1,L} 3,9 bar
Si
γ_F 10,0 kN/m³
SLW 60

1.1.4. Instalación

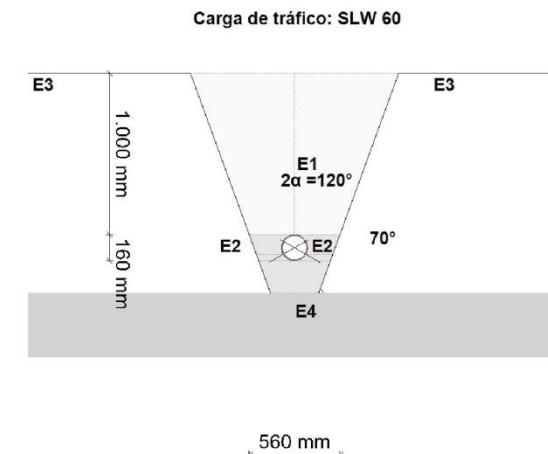
Instalación:
Ancho de zanja:
Ángulo del talud:
Condiciones de relleno:
Condiciones de la instalación:
Tipo de apoyo:
Ángulo de apoyo:
Proyección relativa:

Zanja
b 0,56 m
β 70 °
A4
B4
suelto
120°
a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:
Presión nominal:
Diámetro nominal:

PE 100
PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)
DN 160 (6,2 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	γ	3,770	3,770	3,770	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	3,770	3,770	3,770	[-]
(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 γ _{RZ}	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf γ _{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:	δ _v	2,10	%
Deflexión admisible:	zul δ _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:	γ	10,40	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00	[-]



Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

4.4. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 30



INFORME ABREVIADO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	004
Fecha:	24/03/2014

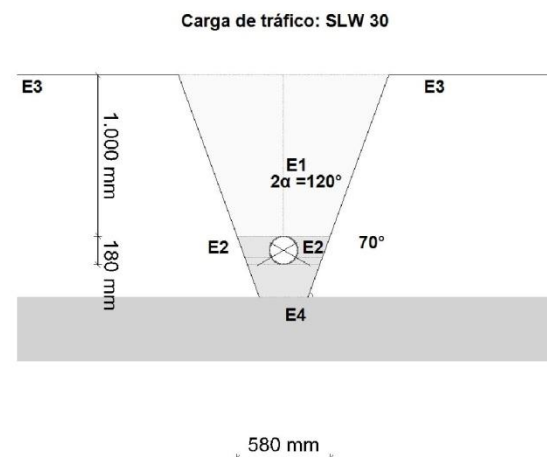
Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

Contenido

1. : DN 180 con SLW 30	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión	4
1.2.1.2. Prueba de deformación	4
1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):	4

1. : DN 180 con SLW 30

Descripción del tramo:	DN 180 con SLW 30		
Tipo de cálculo:	Según tabla		
Añadir dibujo para imprimir:	Si		
1.1. Entrada de datos:			
1.1.1. Opciones de seguridad			
Clase de seguridad:	A (caso normal)		
Deflexión admisible:	6% (habitual)		
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127		
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)		
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No		
1.1.2. Suelo			
Tipo de relleno:	G2		
Cálculo E1:	tabla 8 (A127)		
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G2		
Cálculo E20:	tabla 8 (A127)		
Tipo de suelo natural:	G2		
Cálculo E3:	Densidad Proctor		
Densidad Proctor E3:	D _{Pr,E3}	90,0	%
E4 = 10 · E1:	Si		
1.1.3. Carga			
Altura de recubrimiento:	h	1,00	m
Densidad del suelo:	γ	20,0	kN/m³
Carga superficial adicional:	p ₀	0,0	kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h _{W,max}	0,00	m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h _{W,min}	0,00	m
Presión interna, corto plazo:	P _{I,K}	5,3	bar
Presión interna, largo plazo:	P _{I,L}	3,9	bar
Sección llena:	Si		
Densidad del fluido:	γ _F	10,0	kN/m³
Carga de tráfico:	SLW 30		
1.1.4. Instalación			
Instalación:	Zanja		
Ancho de zanja:	b	0,58	m
Ángulo del talud:	β	70	°
Condiciones de relleno:	A4		
Condiciones de la instalación:	B4		
Tipo de apoyo:	suelto		
Ángulo de apoyo:	120°		
Proyección relativa:	a	1,00	[-]
1.1.5. Tubo de la base de datos			
Material:	PE 100		
Presión nominal:	PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)		
Diámetro nominal:	DN 180 (6,9 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	γ	3,726	3,726	3,726	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	3,726	3,726	3,726	[-]
(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 γ _{RBZ}	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf γ _{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:	δ _v	1,55	%
Deflexión admisible:	zul δ _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:	γ	13,33	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00	[-]



Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

4.5. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 60



INFORME ABREVIADO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	005
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



Contenido

1. : DN 180 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión	4
1.2.1.2. Prueba de deformación	4
1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):	4



1. : DN 180 con SLW 60

Descripción del tramo: DN 180 con SLW 60
Tipo de cálculo: Según tabla
Añadir dibujo para imprimir: Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad: A (caso normal)
Deflexión admisible: 6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna: De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión: no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada: No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno: G2
Cálculo E1: tabla 8 (A127)
Tipo de relleno en la zona del tubo: G2
Cálculo E20: tabla 8 (A127)
Tipo de suelo natural: G2
Cálculo E3: Densidad Proctor
Densidad Proctor E3: D_{Pr,E3} 90,0 %
E4 = 10 · E1: Si

1.1.3. Carga

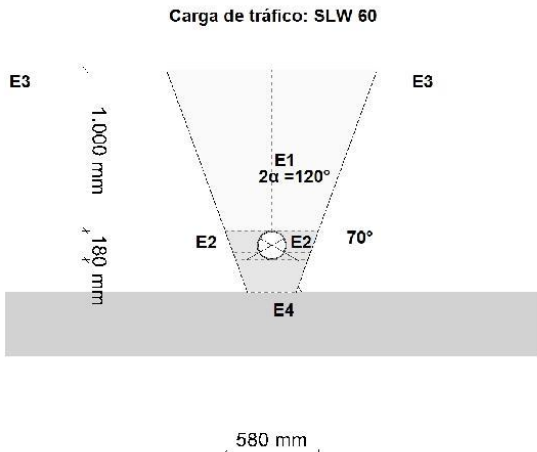
Altura de recubrimiento: h 1,00 m
Densidad del suelo: γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional: p₀ 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo: h_{VW,max} 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo: h_{VW,min} 0,00 m
Presión interna, corto plazo: P_{1,K} 5,3 bar
Presión interna, largo plazo: P_{1,L} 3,9 bar
Sección llena: Si
Densidad del fluido: γ_F 10,0 kN/m³
Carga de tráfico: SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación: Zanja
Ancho de zanja: b 0,58 m
Ángulo del talud: β 70 °
Condiciones de relleno: A4
Condiciones de la instalación: B4
Tipo de apoyo: suelto
Ángulo de apoyo: 120°
Proyección relativa: a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material: PE 100
Presión nominal: PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)
Diámetro nominal: DN 180 (6,9 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	γ	3,726	3,726	3,726	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	3,726	3,726	3,726	[-]
(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 γ_{RBZ} 2,50 [-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf γ_{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:	δ _v	2,31	%
Deflexión admisible:	zul δ _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:	γ	9,64	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00	[-]



Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

4.6. Resultados DN 200 con carga de tráfico SLW 60



INFORME ABREVIADO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	006
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



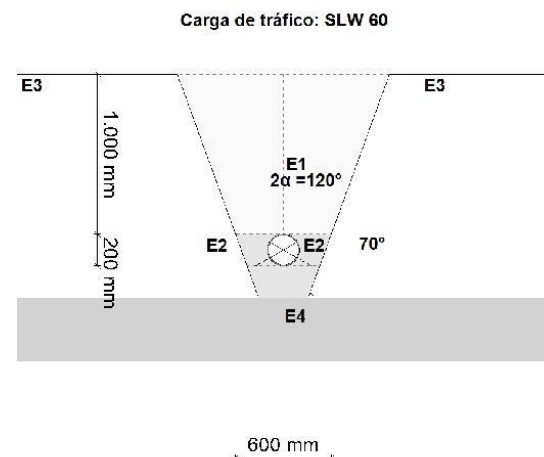
Contenido

1. : DN 200 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión	4
1.2.1.2. Prueba de deformación	4
1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):	4



1. : DN 200 con SLW 60

Descripción del tramo:	DN 200 con SLW 60		
Tipo de cálculo:	Según tabla		
Añadir dibujo para imprimir:	Si		
1.1. Entrada de datos:			
1.1.1. Opciones de seguridad			
Clase de seguridad:	A (caso normal)		
Deflexión admisible:	6% (habitual)		
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127		
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)		
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No		
1.1.2. Suelo			
Tipo de relleno:	G2		
Cálculo E1:	tabla 8 (A127)		
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G2		
Cálculo E20:	tabla 8 (A127)		
Tipo de suelo natural:	G2		
Cálculo E3:	Densidad Proctor		
Densidad Proctor E3:	D _{Pr,E3}	90,0	%
E4 = 10 · E1:	Si		
1.1.3. Carga			
Altura de recubrimiento:	h	1,00	m
Densidad del suelo:	γ	20,0	kN/m³
Carga superficial adicional:	p ₀	0,0	kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h _{W,max}	0,00	m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h _{W,min}	0,00	m
Presión interna, corto plazo:	P _{I,K}	5,3	bar
Presión interna, largo plazo:	P _{I,L}	3,9	bar
Sección llena:	Si		
Densidad del fluido:	γ _F	10,0	kN/m³
Carga de tráfico:	SLW 60		
1.1.4. Instalación			
Instalación:	Zanja		
Ancho de zanja:	b	0,60	m
Ángulo del talud:	β	70	°
Condiciones de relleno:	A4		
Condiciones de la instalación:	B4		
Tipo de apoyo:	suelto		
Ángulo de apoyo:	120°		
Proyección relativa:	a	1,00	[-]
1.1.5. Tubo de la base de datos			
Material:	PE 100		
Presión nominal:	PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)		
Diámetro nominal:	DN 200 (7,7 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	γ	3,743	3,743	3,743	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	3,743	3,743	3,743	[-]

(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 γ _{RBZ}	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf γ _{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:	δ _v	2,45	%
Deflexión admisible:	zul δ _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:	γ	9,24	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

5. Informes de resultados completos obtenidos mediante el programa

5.1. Resultados DN 90 con carga de tráfico SLW 60



INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	001
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



Contenido

1. : DN 90 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	5
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion λR y λB	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13

1. : DN 90 con SLW 60

Descripción del tramo: DN 90 con SLW 60
Tipo de cálculo: Según tabla
Añadir dibujo para imprimir: Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad: A (caso normal)
Deflexión admisible: 6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna: De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión: no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada: No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno: G2
Cálculo E1: tabla 8 (A127)
Tipo de relleno en la zona del tubo: G2
Cálculo E20: tabla 8 (A127)
Tipo de suelo natural: G2
Cálculo E3: Densidad Proctor
Densidad Proctor E3: $D_{Pr,E3}$ 90,0 %
E4 = 10 · E1: Si

1.1.3. Carga

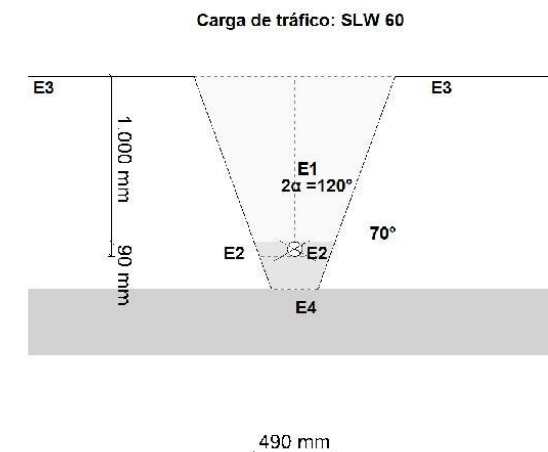
Altura de recubrimiento: h 1,00 m
Densidad del suelo: γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional: p_0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo: $h_{w,max}$ 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo: $h_{w,min}$ 0,00 m
Presión interna, corto plazo: $P_{I,K}$ 5,3 bar
Presión interna, largo plazo: $P_{I,L}$ 3,9 bar
Sección llena: Si
Densidad del fluido: γ_F 10,0 kN/m³
Carga de tráfico: SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación: Zanja
Ancho de zanja: b 0,49 m
Ángulo del talud: β 70 °
Condiciones de relleno: A4
Condiciones de la instalación: B4
Tipo de apoyo: suelto
Ángulo de apoyo: 120°
Proyección relativa: a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material: PE 100
Presión nominal: PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)
Diámetro nominal: DN 90 (3,5 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior: d_i 83,0 mm
Diámetro exterior: d_a 90,0 mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo: r_m 43,3 mm
Espesor: s 3,5 mm
Proporción: r_m/s 12,357 [-]
Factor de corrección de la curvatura interior: α_{ki} 1,027 [-]
Factor de corrección de la curvatura exterior: α_{ka} 0,973 [-]

Predeformación local: δ_{vl} 0,00 %
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga): δ_{vg} 1,00 %

Superficie del perfil radial: A_{rad} 3,5 mm²/mm
Distancia de inercia: e 1,8 mm
Momento de inercia: I 3,6 mm⁴/mm
Momento resistente exterior: W_a 2,0 mm³/mm
Momento resistente interior: W_i 2,0 mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica: γ_R 9,4
Coeficiente de poisson: ν 0,38
Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial: E_R 1.200,0

Valor característico de tracción por deflexión: σ_{RBZ} 23,0

corto plazo: 9,4
largo plazo: 9,4
kN/m³
[-]
N/mm²



Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	17,5	N/mm ²

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	$\text{erf } \gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	$\text{erf } \gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r_m	43,3	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α_{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α_{ka}	0,973	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]
---	----------	-------	-----

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}$$

(5.04)

Coefficiente de carga del suelo κ_0 para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ_0	1,000	[-]
---	------------	-------	-----

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}$$

(5.05)

κ_0 y κ están indicadas como 1, porque E_1 es mayor que E_3 .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P_{Erd}	20,00	kN/m ²
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P_E	20,00	kN/m ²
Tensión debida a carga de tráfico:	P_V	58,29	kN/m ²
Coefficiente de impacto (incl.):	ϕ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Factor de reducción por fluencia:	f_1	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f_2	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α_B	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	3,05	N/mm ²
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	110,00	N/mm ²

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	1,000	[-]
--	---------	-------	-----



$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}}$$

(6.17)

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667$$

Corrección (6.18)

Si el ángulo de talud de la zanja es $< 90^\circ$ se debe considerar la anchura de la zanja a la altura del centro de la tubería en lugar de la anchura de la zanja a la altura de la corona

Rigidez del apoyo horizontal:	S_{Bh}	6,600	N/mm ²
-------------------------------	----------	-------	-------------------

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

(6.16)

Rigidez de apoyo vertical:	S_{Bv}	11,000	N/mm ²
----------------------------	----------	--------	-------------------

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

(6.12)

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	2α	120	°
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	a_S	1,00	[-]
Proyección relativa efectiva:	a'	1,000	[-]

$$a' = a_S \cdot \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26$$

(6.05)

Ángulo de fricción interna:	ϕ'	30,000	°
Ángulo de fricción de la pared:	δ	30,000	°

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas
--	------------------------------------	--	-------------------------------

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	944,5	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Rigidez del tubo	S_R	52,996	41,714	8,833	kN/m ²

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3}$$

(6.10a)

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V_{RB}	0,0080	0,0063	0,0013	[-]
---------------------	----------	--------	--------	--------	-----

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}}$$

(6.15)

Relación de rigidez	V_S	0,3994	0,3706	---	[-]
---------------------	-------	--------	--------	-----	-----

$$V_s = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{BV}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo)	K_2	0,300	0,300	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo	K^*	1,207	1,235	---	[-]

$$K^* = \frac{c_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo	c_v^*	-0,012	-0,010	---	[-]
$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*$					

1.2.2.10. Factores de concentración λ_R y λ_B

Factor de concentración máximo	$\max \lambda$	1,851	1,851	---	[-]
--------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	K'	0,919	0,917	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	λ_R	0,706	0,685	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	λ_{RG}	0,706	0,685	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \lambda_R = \text{const.} \quad (6.21b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	λ_{to}	3,850	3,850	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	λ_{ti}	0,156	0,156	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, valor final	λ_{RG}	0,706	0,685	---	[-]
Factor de concentración del suelo	λ_B	1,098	1,105	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	q_v	72,40	71,98	---	kN/m ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	q_h	6,86	6,90	---	kN/m ²
-----------------	-------	------	------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + V_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	q_{h^*}	79,64	80,96	---	kN/m ²
---	-----------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_{h^*} = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	q_{hw}^*	0,40	0,44	---	kN/m ²
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q_{hw}^* = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,035	0,035	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,003	-0,003	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M_{qh}^*	-0,027	-0,027	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M_{qw}^*	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,001	0,000	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,006	0,005	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,005	0,005	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,005	0,005	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	0,085	0,084	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,297	-0,298	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	-1,987	-2,020	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	-0,010	-0,011	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,012	0,012	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	19,839	13,951	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-2,198	-2,234	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-2,199	-2,234	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	-0,036	-0,036	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	0,003	0,003	kNm/m



Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M ^{*_{qh}}	0,031	0,031	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M ^{*_{qw}}	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M _g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M _w	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M _{pw}	0,001	0,000	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M _{pa1}	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	ΣM	-0,001	-0,001	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$				
Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	-0,002	-0,001	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,002	-0,001	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N _{qv}	-3,131	-3,113	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N _{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N ^{*_{qh}}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N ^{*_{qw}}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N _g	-0,002	-0,002	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N _w	0,004	0,004	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N _{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	18,907	13,074	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-3,130	-3,111	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-3,134	-3,115	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M _{qv}	0,037	0,037	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M _{qh}	-0,003	-0,003	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M ^{*_{qh}}	-0,027	-0,027	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M ^{*_{qw}}	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M _g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M _w	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M _{pw}	0,001	0,000	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M _{pa1}	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	ΣM	0,008	0,007	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$				
Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,007	0,006	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,007	0,006	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N _{qv}	-0,085	-0,084	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N _{qh}	-0,297	-0,298	kN/m



Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N ^{*_{qh}}	-1,987	-2,020	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N ^{*_{qw}}	-0,010	-0,011	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N _g	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N _w	0,026	0,026	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N _{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	19,683	13,796	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-2,353	-2,389	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-2,369	-2,403	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	2,93	[-]		
Relación de deflexión:	η	1,75	[-]		
Presión interior resultante (pI - pW):	P _{I,res}	5,31	bar		
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	23,0	N/mm ²		
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$					
Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	1,997	-1,772	2,939	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	11,519	---	7,826	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	---	12,980	---	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,296	6,296	6,296	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,653	3,653	3,653	[-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,766	0,795	0,692	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	6,349	3,595	6,393	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	3,623	6,398	3,598	[-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	---	---	---	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-3,115	-0,063	-4,094	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	---	---	---	[-]

Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	7,384	367,436	5,618	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,296	6,296	6,296	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,653	3,653	3,653	[-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,684	0,941	0,598	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	2,175	5,863	1,317	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	10,577	3,923	17,468	[-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	---	---	---	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²

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

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00055	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00055	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833
				q_h^*	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:	Δd_v		1,30	mm	
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h		1,04	mm	
Deformación vertical relativa:	δ_v		1,50	%	
Deflexión admisible:	$zul \delta_v$		6,00	%	

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q_v	72,40	kN/m ²	
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ_{v2}	0,87	[-]	
Carga vertical total crítica:	$\kappa_{krit} q_v$	1.028,6	kN/m ²	
$\kappa_{krit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)				

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	14,21	[-]	
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	[-]	

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	13,36	[-]	
Relación de deflexión:	η	1,89	[-]	

Presión interior resultante (pl - pV):	$p_{i,res}$	3,90	bar	
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	17,5	N/mm ²	
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$				
Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	1,642	-1,386	2,578
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	13,155	---	8,375
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	---	15,583	---
				[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	4,624	4,624	4,624
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,784	3,784	3,784
				[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	18,57	15,75	18,97
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	18,57	15,75	18,97
				N/mm ²
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-2,798	-0,418	-3,772
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	---	---	---
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	7,717	51,630	5,725
				[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	4,624	4,624	4,624
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,784	3,784	3,784
				[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	11,22	17,09	-0,62
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	11,22	17,09	-0,62
				N/mm ²

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

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00055	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00055	[-]	

Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833
				q_h^*	0,0640
					[-]



Cambio del diámetro vertical:	Δd_v	1,39	mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h	1,06	mm
Deformación vertical relativa:	δ_v	1,61	%
Deflexión admisible:	zul δ_v	6,00	%
La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.			
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):			
Carga vertical total:	q_v	71,98	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	K_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	$k_{rit} q_v$	912,2	kN/m ²
$k_{rit} q_v = 2 \cdot K_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)			
La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.			
Coeficiente de seguridad de estabilidad:	γ	12,67	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ_{stab}	2,00	[-]
Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.			
Todas las pruebas necesarias son correctas.			

5.2. Resultados DN 110 con carga de tráfico SLW 60



INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	002
Fecha:	24/03/2014

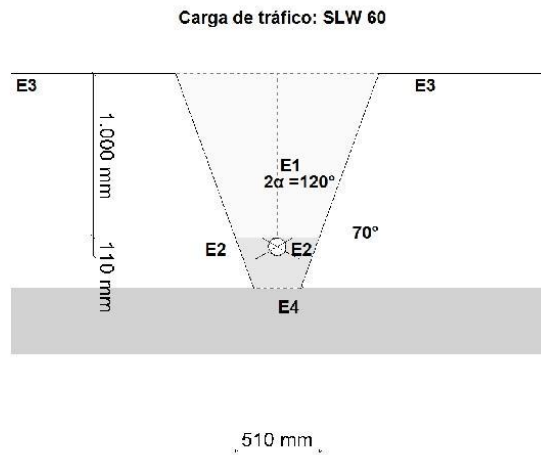
Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

Contenido

1. : DN 110 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	5
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion λ_R y λ_B	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13

1. : DN 110 con SLW 60

Descripción del tramo:	DN 110 con SLW 60		
Tipo de cálculo:	Según tabla		
Añadir dibujo para imprimir:	Si		
1.1. Entrada de datos:			
1.1.1. Opciones de seguridad			
Clase de seguridad:	A (caso normal)		
Deflexión admisible:	6% (habitual)		
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127		
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)		
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No		
1.1.2. Suelo			
Tipo de relleno:	G2		
Cálculo E1:	tabla 8 (A127)		
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G2		
Cálculo E20:	tabla 8 (A127)		
Tipo de suelo natural:	G2		
Cálculo E3:	Densidad Proctor		
Densidad Proctor E3:	D _{Pr,E3}	90,0	%
E4 = 10 · E1:	Si		
1.1.3. Carga			
Altura de recubrimiento:	h	1,00	m
Densidad del suelo:	γ	20,0	kN/m³
Carga superficial adicional:	p ₀	0,0	kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h _{W,max}	0,00	m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h _{W,min}	0,00	m
Presión interna, corto plazo:	P _{I,K}	5,3	bar
Presión interna, largo plazo:	P _{I,L}	3,9	bar
Sección llena:	Si		
Densidad del fluido:	γ _F	10,0	kN/m³
Carga de tráfico:	SLW 60		
1.1.4. Instalación			
Instalación:	Zanja		
Ancho de zanja:	b	0,51	m
Ángulo del talud:	β	70	°
Condiciones de relleno:	A4		
Condiciones de la instalación:	B4		
Tipo de apoyo:	suelto		
Ángulo de apoyo:	120°		
Proyección relativa:	a	1,00	[-]
1.1.5. Tubo de la base de datos			
Material:	PE 100		
Presión nominal:	PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)		
Diámetro nominal:	DN 110 (4,2 mm)		



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d _i	101,6	mm
Diámetro exterior:	d _a	110,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r _m	52,9	mm
Espesor:	s	4,2	mm
Proporción:	r _m /s	12,595	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α _{ki}	1,026	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α _{ka}	0,974	[-]
Predeformación local:	δ _{vl}	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ _{vg}	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A _{rad}	4,2	mm ² /mm
Distancia de inercia:	e	2,1	mm
Momento de inercia:	I	6,2	mm ⁴ /mm
Momento resistente exterior:	W _a	2,9	mm ³ /mm
Momento resistente interior:	W _i	2,9	mm ³ /mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	γ _R	corto plazo	9,4	kN/m ³
Coefficiente de poisson	ν		0,38	[-]
Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E _R	1.200,0	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ _{RBZ}	23,0	17,5	N/mm ²



Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ _{RBD}	23,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ _{RZ}	23,0	17,5	N/mm ²

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf γ _{RBZ}	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf γ _{RBD}	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf γ _{stab}	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r _m	52,9	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α _{ki}	1,026	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α _{ka}	0,974	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]
--	---	-------	-----

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \tag{5.04}$$

Coefficiente de carga del suelo κ ₀ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ ₀	1,000	[-]
---	----------------	-------	-----

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \tag{5.05}$$

κ₀ y κ están indicadas como 1, porque E1 es mayor que E3.

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	h _{W,Scheitel}	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P _{Erd}	20,00	kN/m ²
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P _E	20,00	kN/m ²
Tensión debida a carga de tráfico:	P _V	57,97	kN/m ²
Coefficiente de impacto (incl.):	φ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	E _{1,σ}	11,00	N/mm ²
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	E _{20,σ}	11,00	N/mm ²
Factor de reducción por fluencia:	f ₁	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f ₂	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α _B	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	E _{2,σ}	11,00	N/mm ²
Módulo elástico del suelo natural:	E _{3,σ}	3,05	N/mm ²
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	E _{4,σ}	110,00	N/mm ²

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	1,000	[-]
--	---	-------	-----

$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$$

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Si el ángulo de talud de la zanja es < 90° se debe considerar la anchura de la zanja a la altura del centro de la tubería en lugar de la anchura de la zanja a la altura de la corona

Rigidez del apoyo horizontal: S_{Bh} 6,600 N/mm² (6.16)

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

Rigidez de apoyo vertical: S_{Bv} 11,000 N/mm² (6.12)

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:
Proyección relativa efectiva:

2α	120	°
a_s	1,00	[-]
a'	1,000	[-]

$$a' = a_s - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$$

Ángulo de fricción interna:
Ángulo de fricción de la pared:

corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas
------------------------------------	--	-------------------------------

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	943,5	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Rigidez del tubo	S_R	50,047	39,350	8,341	kN/m ²

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$$

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V_{RB}	0,0076	0,0060	0,0013	[-]
---------------------	----------	--------	--------	--------	-----

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$$

Relación de rigidez	V_S	0,3925	0,3636	---	[-]
---------------------	-------	--------	--------	-----	-----

$$V_S = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo)	K_2	0,300	0,300	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo	K^*	1,214	1,242	---	[-]

$$K^* = \frac{c_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh}^*} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo	c_v^*	-0,012	-0,010	---	[-]
---	---------	--------	--------	-----	-----

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración λ_R y λ_B

Factor de concentración máximo	$\max \lambda$	1,800	1,800	---	[-]
--------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} \right] \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	K'	0,919	0,916	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} c_{v,qh}^* \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	λ_R	0,705	0,684	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_S + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K' \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}}{V_S + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K' \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	λ_{RG}	0,705	0,684	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \lambda_R = \text{const.} \quad (6.21b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	λ_{fo}	3,850	3,850	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	λ_{fi}	0,190	0,190	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	λ_{RG}	0,705	0,684	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	λ_B	1,098	1,105	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	q_v	72,08	71,66	---	kN/m ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------



$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	q_h	6,92	6,96	---	kN/m ²
-----------------	-------	------	------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	q^*_h	79,67	80,89	---	kN/m ²
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	q^*_{hw}	0,50	0,54	---	kN/m ²
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,053	0,052	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,005	-0,005	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	-0,040	-0,041	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,008	0,007	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,008	0,007	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,007	0,007	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	0,103	0,102	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,366	-0,368	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N^*_{qh}	-2,432	-2,469	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N^*_{qw}	-0,015	-0,017	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	0,001	0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,017	0,017	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	24,283	17,078	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-2,692	-2,734	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-2,694	-2,734	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	-0,053	-0,053	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	0,005	0,005	kNm/m

AseTUB V. 1.0.0.0 - 21/05/2014 17:42:23
Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

8



Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	0,046	0,047	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	-0,002	-0,001	kNm/m
------------------	------------	--------	--------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	-0,002	-0,001	kNm/m
--	--------------------	--------	--------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,002	-0,001	kNm/m
--	-------------	--------	--------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-3,813	-3,791	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N^*_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N^*_{qw}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,003	-0,003	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,006	0,006	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	23,164	16,024	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-3,811	-3,788	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-3,817	-3,794	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,055	0,055	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,005	-0,005	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	-0,040	-0,041	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,011	0,010	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,010	0,009	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,010	0,009	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-0,103	-0,102	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,366	-0,368	kN/m

AseTUB V. 1.0.0.0 - 21/05/2014 17:42:23
Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

9

Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	-2,432	-2,469	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	-0,015	-0,017	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,001	-0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,038	0,038	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	24,097	16,894	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-2,878	-2,918	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-2,901	-2,940	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

Coeficiente de superposición de tensiones:	Z	3,04	[-]
Relación de deflexión:	η	1,78	[-]
Presión interior resultante ($p_i - p_w$):	$p_{i,res}$	5,31	bar
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	23,0	N/mm ²

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	1,987	-1,720	2,970 N/mm ²
Coeficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	11,575	—	7,743 [-]
Coeficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	—	13,373	— [-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,423	6,423	6,423 N/mm ²
Coeficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,581	3,581	3,581 [-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,768	0,805	0,689 [-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	6,458	3,785	6,473 N/mm ²
Coeficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	3,562	6,077	3,553 [-]
Coeficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	—	—	— [-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00 N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00 N/mm ²

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-3,133	-0,137	-4,152 N/mm ²
Coeficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	—	—	— [-]

Coeficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	7,340	168,478	5,539	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,423	6,423	6,423	N/mm ²
Coeficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,581	3,581	3,581	[-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,681	0,940	0,597	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	2,240	5,910	1,355	N/mm ²
Coeficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	10,270	3,892	16,971	[-]
Coeficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	—	—	—	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²

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

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$l/(A \cdot \text{rm}^2)$			0,00053	[-]
Relación $l/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$:	$l/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$			0,00053	[-]
Coeficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	q_h^*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:	Δd_v				1,61 mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h				1,28 mm
Deformación vertical relativa:	δ_v				1,52 %
Deflexión admisible:	zul δ_v				6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q_v	72,08	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	krit q_v	999,5	kN/m ²

$$k_{rit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5} \quad (9.06a)$$

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	γ	13,87	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ_{stab}	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

Coeficiente de superposición de tensiones:	Z	13,88	[-]
Relación de deflexión:	η	1,92	[-]



Presión interior resultante (pl - pW):		pl,res	3,90	bar	
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:		σRZ	17,5	N/mm²	
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}}$				(9.01c)	
Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σa	1,634	-1,336	2,612	N/mm²
Coeficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	YBZ,a	13,214	—	8,267	[-]
Coeficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	YBD,a	—	16,157	—	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σi	4,717	4,717	4,717	N/mm²
Coeficiente de seguridad por presión interna	Yi	3,710	3,710	3,710	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	18,55	15,88	18,96	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	18,55	15,88	18,96	N/mm²
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σa	-2,818	-0,490	-3,831	N/mm²
Coeficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	YBZ,a	—	—	—	[-]
Coeficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	YBD,a	7,662	44,060	5,636	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σi	4,717	4,717	4,717	N/mm²
Coeficiente de seguridad por presión interna	Yi	3,710	3,710	3,710	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	11,43	17,03	-0,17	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	11,43	17,03	-0,17	N/mm²
Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.					

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:		lineal	
Relación:		I/(A·mm²)	0,00053 [-]
Relación 'I/(A·mm²)·κq':		I/(A·mm²)·κq	0,00053 [-]
Coeficiente resultante de deformación		c'v	qv -0,0893 qh 0,0833 qh* 0,0640 [-]



Cambio del diámetro vertical:		Δdv	1,73	mm
Cambio del diámetro horizontal:		Δdh	1,30	mm
Deformación vertical relativa:		δv	1,63	%
Deflexión admisible:		zul δv	6,00	%
La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.				
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):				
Carga vertical total:		qv	71,66	kN/m²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:		κv2	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:		krit qv	885,9	kN/m²
krit qv= 2 · κv2 · (8S0 · SBh) 0,5				(9.06a)
La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.				
Coeficiente de seguridad de estabilidad:		γ	12,36	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:		erf γstab	2,00	[-]
Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.				
Todas las pruebas necesarias son correctas.				

5.3. Resultados DN 160 con carga de tráfico SLW 60



INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	003
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



Contenido

1. : DN 160 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	5
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion λR y λB	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : DN 160 con SLW 60

Descripción del tramo: DN 160 con SLW 60
Tipo de cálculo: Según tabla
Añadir dibujo para imprimir: Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad: A (caso normal)
Deflexión admisible: 6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna: De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión: no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada: No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno: G2
Cálculo E1: tabla 8 (A127)
Tipo de relleno en la zona del tubo: G2
Cálculo E20: tabla 8 (A127)
Tipo de suelo natural: G2
Cálculo E3: Densidad Proctor
Densidad Proctor E3: D_{Pr,E3} 90,0 %
E4 = 10 · E1: Si

1.1.3. Carga

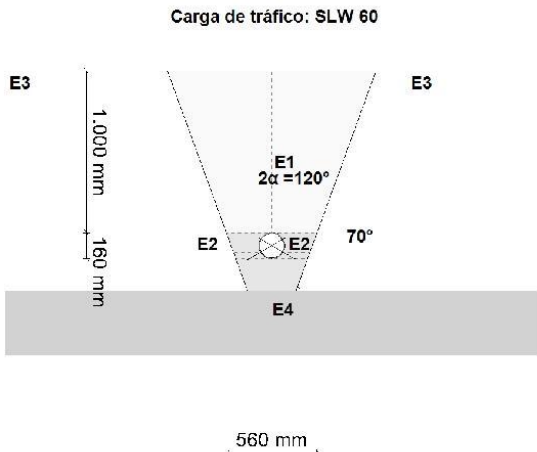
Altura de recubrimiento: h 1,00 m
Densidad del suelo: γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional: p₀ 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo: h_{VW,max} 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo: h_{VW,min} 0,00 m
Presión interna, corto plazo: P_{1,K} 5,3 bar
Presión interna, largo plazo: P_{1,L} 3,9 bar
Sección llena: Si
Densidad del fluido: γ_F 10,0 kN/m³
Carga de tráfico: SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación: Zanja
Ancho de zanja: b 0,56 m
Ángulo del talud: β 70 °
Condiciones de relleno: A4
Condiciones de la instalación: B4
Tipo de apoyo: suelto
Ángulo de apoyo: 120°
Proyección relativa: a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material: PE 100
Presión nominal: PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)
Diámetro nominal: DN 160 (6,2 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d _i	147,6	mm
Diámetro exterior:	d _a	160,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r _m	76,9	mm
Espesor:	s	6,2	mm
Proporción:	r _m /s	12,403	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α _{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α _{ka}	0,973	[-]
Predeformación local:	δ _{vl}	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ _{vg}	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A _{rad}	6,2	mm²/mm
Distancia de inercia:	e	3,1	mm
Momento de inercia:	I	19,9	mm⁴/mm
Momento resistente exterior:	W _a	6,4	mm³/mm
Momento resistente interior:	W _i	6,4	mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	Y _R	corto plazo 9,4	largo plazo 9,4	kN/m³
Coefficiente de poisson	ν	0,38	0,38	[-]
Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E _R	1.200,0	200,0	N/mm²
Valor característico de tracción por deflexión	σ _{RBZ}	23,0	17,5	N/mm²

Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	17,5	N/mm ²

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	$\text{erf } \gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	$\text{erf } \gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r_m	76,9	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α_{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α_{ka}	0,973	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]
---	----------	-------	-----

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$$

Coefficiente de carga del suelo κ_0 para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ_0	1,000	[-]
---	------------	-------	-----

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$$

κ_0 y κ están indicadas como 1, porque E_1 es mayor que E_3 .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P_{Erd}	20,00	kN/m ²
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P_E	20,00	kN/m ²
Tensión debida a carga de tráfico:	P_V	57,29	kN/m ²
Coefficiente de impacto (incl.):	ϕ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Factor de reducción por fluencia:	f_1	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f_2	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α_B	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	3,05	N/mm ²
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	110,00	N/mm ²

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	0,666	[-]
--	---------	-------	-----

$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$$

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Si el ángulo de talud de la zanja es $< 90^\circ$ se debe considerar la anchura de la zanja a la altura del centro de la tubería en lugar de la anchura de la zanja a la altura de la corona

Rigidez del apoyo horizontal:	S_{Bh}	4,397	N/mm ²
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2$			(6.16)

Rigidez de apoyo vertical:	S_{Bv}	11,000	N/mm ²
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$			(6.12)

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	2α	120	°
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	a_S	1,00	[-]
Proyección relativa efectiva:	a'	1,000	[-]

$$a' = a_S \cdot \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$$

Ángulo de fricción interna:	ϕ'	30,000	°
Ángulo de fricción de la pared:	δ	30,000	°

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas
--	------------------------------------	--	-------------------------------

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	941,2	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Rigidez del tubo	S_R	52,408	41,106	8,735	kN/m ²

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$$

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V_{RB}	0,0119	0,0093	0,0020	[-]
---------------------	----------	--------	--------	--------	-----

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$$

Relación de rigidez	V_S	0,2991	0,2785	---	[-]
---------------------	-------	--------	--------	-----	-----



$$V_s = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{BV}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) K_2	0,300	0,300	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo K^*	1,146	1,186	---	[-]

$$K^* = \frac{c_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo c_v^*	-0,016	-0,013	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración λ_R y λ_B

Factor de concentración máximo	$\max \lambda$	1,694	1,694	---	[-]
--------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	K'	0,923	0,921	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	λ_R	0,648	0,630	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot \frac{a' - 0,25}}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot \frac{a' - 0,25}}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	λ_{RG}	0,706	0,692	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	λ_{to}	3,850	3,850	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	λ_{ti}	0,270	0,270	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, valor final	λ_{RG}	0,706	0,692	---	[-]
Factor de concentración del suelo	λ_B	1,117	1,123	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	q_v	71,41	71,13	---	kN/m ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

AseTUB V. 1.0.0.0 - 21/05/2014 17:43:49
Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

7



$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	q_h	7,18	7,22	---	kN/m ²
-----------------	-------	------	------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + V_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	q_{h^*}	74,17	76,33	---	kN/m ²
---	-----------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_{h^*} = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	q_{hw}^*	0,68	0,78	---	kN/m ²
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q_{hw}^* = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,110	0,110	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,011	-0,011	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M_{qh}^*	-0,079	-0,082	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M_{qw}^*	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,001	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,022	0,019	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,020	0,018	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,020	0,018	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	0,148	0,148	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,553	-0,555	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	-3,291	-3,387	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	-0,030	-0,035	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	0,001	0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,037	0,037	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	35,500	24,991	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-3,688	-3,791	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-3,694	-3,793	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	-0,112	-0,111	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	0,011	0,011	kNm/m

AseTUB V. 1.0.0.0 - 21/05/2014 17:43:49
Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

8

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M_{qh}^*	0,091	0,094	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M_{qw}^*	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,001	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	ΣM	-0,009	-0,006	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pa1}$				
Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	-0,010	-0,007	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,010	-0,007	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-5,492	-5,470	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,007	-0,007	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,013	0,013	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	33,702	23,318	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-5,486	-5,464	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-5,499	-5,477	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,116	0,116	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,011	-0,011	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M_{qh}^*	-0,079	-0,082	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M_{qw}^*	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,001	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	ΣM	0,028	0,025	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pa1}$				
Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,027	0,024	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,026	0,023	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-0,148	-0,148	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,553	-0,555	kN/m

Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	-3,291	-3,387	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	-0,030	-0,035	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,001	-0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,081	0,081	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	35,246	24,738	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-3,942	-4,044	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-3,993	-4,091	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	2,95	[-]
Relación de deflexión:	η	2,34	[-]
Presión interior resultante ($p_l - p_w$):	$p_{l,res}$	5,31	bar

Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	23,0	N/mm ²
--	---------------	------	-------------------

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	2,687	-2,547	3,653	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	8,558	---	6,297	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	---	9,029	---	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,321	6,321	6,321	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,639	3,639	3,639	[-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,702	0,712	0,629	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	6,326	2,686	6,270	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	3,636	8,563	3,668	[-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	---	---	---	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²

Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-3,705	0,691	-4,700	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	---	33,307	---	[-]



Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	6,208	---	4,894	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,321	6,321	6,321	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,639	3,639	3,639	[-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,624	0,930	0,561	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	1,633	6,522	0,909	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	14,084	3,526	25,307	[-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	---	---	---	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²

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

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00054	[-]	
Relación $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$:	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00054	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833
				q_h^*	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:	Δd_v		3,03	mm	
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h		2,59	mm	
Deformación vertical relativa:	δ_v		1,97	%	
Deflexión admisible:	$zul \delta_v$		6,00	%	

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q_v	71,41	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	$\kappa_{rit} q_v$	833,8	kN/m ²
$\kappa_{rit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$			
(9.06a)			

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	11,68	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	13,46	[-]
Relación de deflexión:	η	2,51	[-]



Presión interior resultante (pl - pV):	$p_{i,res}$	3,90	bar
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	17,5	N/mm ²
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}}$			
(9.01c)			
Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	2,204	-2,018
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	9,789	---
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	---	10,691
			[-]

Tensiones debidas a presión interna	σ_i	4,642	4,642	4,642	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,770	3,770	3,770	[-]

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	18,81	14,36	19,15	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	18,81	14,36	19,15	N/mm ²

Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-3,280	0,196	-4,271	N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	—	109,995	—	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	6,579	—	5,052	[-]

Tensiones debidas a presión interna	σ_i	4,642	4,642	4,642	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,770	3,770	3,770	[-]

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	7,69	17,67	-29,34	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	7,69	17,67	-29,34	N/mm ²

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

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00054	[-]	
Relación $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$:	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00054	[-]	

Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833
				q_h^*	0,0640
					[-]



Cambio del diámetro vertical:	Δd_v	3,24	mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h	2,67	mm
Deformación vertical relativa:	δ_v	2,10	%
Deflexión admisible:	zul δ_v	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q_v	71,13	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	K_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	$k_{rit} q_v$	739,7	kN/m ²

$k_{rit} q_v = 2 \cdot K_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	γ	10,40	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ_{stab}	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

5.4. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 30



INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe n°:	004
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



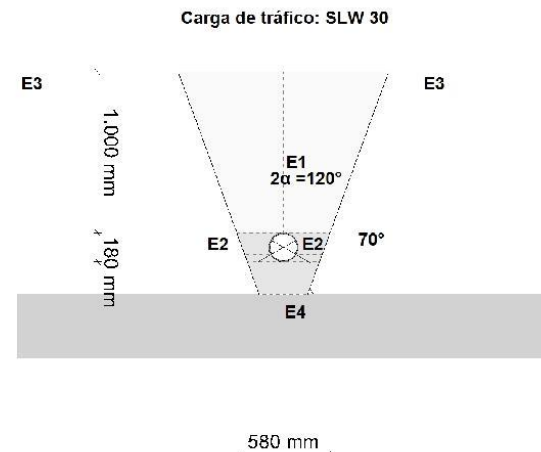
Contenido

1. : DN 180 con SLW 30	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	5
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion λR y λB	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : DN 180 con SLW 30

Descripción del tramo:	DN 180 con SLW 30		
Tipo de cálculo:	Según tabla		
Añadir dibujo para imprimir:	Si		
1.1. Entrada de datos:			
1.1.1. Opciones de seguridad			
Clase de seguridad:	A (caso normal)		
Deflexión admisible:	6% (habitual)		
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127		
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)		
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No		
1.1.2. Suelo			
Tipo de relleno:	G2		
Cálculo E1:	tabla 8 (A127)		
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G2		
Cálculo E20:	tabla 8 (A127)		
Tipo de suelo natural:	G2		
Cálculo E3:	Densidad Proctor		
Densidad Proctor E3:	D _{Pr,E3}	90,0	%
E4 = 10 · E1:	Si		
1.1.3. Carga			
Altura de recubrimiento:	h	1,00	m
Densidad del suelo:	γ	20,0	kN/m³
Carga superficial adicional:	p ₀	0,0	kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h _{W,max}	0,00	m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h _{W,min}	0,00	m
Presión interna, corto plazo:	P _{I,K}	5,3	bar
Presión interna, largo plazo:	P _{I,L}	3,9	bar
Sección llena:	Si		
Densidad del fluido:	γ _F	10,0	kN/m³
Carga de tráfico:	SLW 30		
1.1.4. Instalación			
Instalación:	Zanja		
Ancho de zanja:	b	0,58	m
Ángulo del talud:	β	70	°
Condiciones de relleno:	A4		
Condiciones de la instalación:	B4		
Tipo de apoyo:	suelto		
Ángulo de apoyo:	120°		
Proyección relativa:	a	1,00	[-]
1.1.5. Tubo de la base de datos			
Material:	PE 100		
Presión nominal:	PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)		
Diámetro nominal:	DN 180 (6,9 mm)		



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d_i	166,2	mm
Diámetro exterior:	d_a	180,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r_m	86,6	mm
Espesor:	s	6,9	mm
Proporción:	r_m/s	12,543	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α_{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α_{ka}	0,973	[-]
Predeformación local:	δ_{vl}	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ_{vg}	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A_{rad}	6,9	mm ² /mm
Distancia de inercia:	e	3,5	mm
Momento de inercia:	I	27,4	mm ⁴ /mm
Momento resistente exterior:	W_a	7,9	mm ³ /mm
Momento resistente interior:	W_i	7,9	mm ³ /mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	γ_R	corto plazo	9,4	kN/m ³
Coefficiente de poisson	ν		0,38	[-]
Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	17,5	N/mm ²

Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	17,5	N/mm ²

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	$\text{erf } \gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	$\text{erf } \gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r_m	86,6	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α_{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α_{ka}	0,973	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]
---	----------	-------	-----

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$$

Coefficiente de carga del suelo κ_0 para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ_0	1,000	[-]
---	------------	-------	-----

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$$

κ_0 y κ están indicadas como 1, porque E1 es mayor que E3.

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P_{Erd}	20,00	kN/m ²
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P_E	20,00	kN/m ²
Tensión debida a carga de tráfico:	P_V	34,33	kN/m ²
Coefficiente de impacto (incl.):	ϕ	1,40	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Factor de reducción por fluencia:	f_1	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f_2	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α_B	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	3,05	N/mm ²
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	110,00	N/mm ²

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	0,596	[-]
--	---------	-------	-----



$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$$

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Si el ángulo de talud de la zanja es $< 90^\circ$ se debe considerar la anchura de la zanja a la altura del centro de la tubería en lugar de la anchura de la zanja a la altura de la corona

Rigidez del apoyo horizontal: S_{Bh} 3,931 N/mm² (6.16)

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

Rigidez de apoyo vertical: S_{Bv} 11,000 N/mm² (6.12)

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:

	2α	120	°
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	a_s	1,00	[-]
Proyección relativa efectiva:	a'	1,000	[-]

$$a' = a_s - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$$

Ángulo de fricción interna: ϕ' 30,000 °

Ángulo de fricción de la pared: δ 30,000 °

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	831,9	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	21,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	21,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	21,0	17,5	N/mm ²
Rigidez del tubo	S_R	50,669	35,127	8,445	kN/m ²

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$$

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V_{RB}	0,0129	0,0089	0,0021	[-]
---------------------	----------	--------	--------	--------	-----

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$$

Relación de rigidez	V_S	0,2736	0,2456	---	[-]
---------------------	-------	--------	--------	-----	-----



$$V_S = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) K_2	0,300	0,300	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo K^*	1,132	1,192	---	[-]

$$K^* = \frac{c_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh}^*} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo c_v^* -0,017 -0,013 --- [-]

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración λ_R y λ_B

Factor de concentración máximo	$\max \lambda$	1,660	1,660	---	[-]
--------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	K'	0,924	0,921	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} c_{v,qh}^* \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	λ_R	0,631	0,607	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_S + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K' \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}}{V_S + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K' \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	λ_{RG}	0,727	0,709	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	λ_{fo}	3,850	3,850	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	λ_{fi}	0,299	0,299	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, valor final	λ_{RG}	0,727	0,709	---	[-]
Factor de concentración del suelo	λ_B	1,123	1,131	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	q_v	48,87	48,50	---	kN/m ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral q_h 7,28 7,33 --- kN/m²

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo) q^*_h 47,63 49,66 --- kN/m²

$$q^*_h = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena) q^*_{hw} 0,76 0,88 --- kN/m²

$$q^*_{hw} = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,096	0,095	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,014	-0,014	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	-0,065	-0,067	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,020	0,016	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,018	0,014	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,018	0,014	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	0,114	0,113	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,630	-0,634	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N^*_{qh}	-2,379	-2,480	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N^*_{qw}	-0,038	-0,044	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	0,001	0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,047	0,047	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	41,242	29,413	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-2,884	-2,996	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-2,893	-2,999	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	-0,097	-0,096	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	0,014	0,014	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	0,074	0,077	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	-0,008	-0,004	kNm/m
------------------	------------	--------	--------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	-0,010	-0,005	kNm/m
--	--------------------	--------	--------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,009	-0,005	kNm/m
--	-------------	--------	--------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-4,230	-4,198	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N^*_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N^*_{qw}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,009	-0,009	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,016	0,016	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	39,904	28,218	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-4,222	-4,191	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-4,239	-4,207	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,101	0,100	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,014	-0,014	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	-0,065	-0,067	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,025	0,021	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,023	0,020	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,023	0,019	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-0,114	-0,113	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,630	-0,634	kN/m



Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N [*] _{qh}	-2,379	-2,480	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N [*] _{qw}	-0,038	-0,044	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N _g	-0,001	-0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N _w	0,103	0,103	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N _{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	41,067	29,239	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN _{sonst}	-3,059	-3,170	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-3,124	-3,229	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	3,02	[-]
Relación de deflexión:	η	2,56	[-]
Presión interior resultante (pI - pW):	pI _{res}	5,31	bar
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ _{RZ}	23,0	N/mm²

$$\sigma_{R, res} = \frac{\sigma_{qv, qh, qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R, L}}{\sigma_{qv, qh, qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ _a	1,875	-1,857	2,581 N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	γ _{BZ, a}	12,264	—	8,913 [-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	γ _{BD, a}	—	12,382	— [-]
Tensiones debidas a presión interna	σ _i	6,395	6,395	6,395 N/mm²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ _i	3,597	3,597	3,597 [-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,778	0,780	0,707 [-]
Tensión por cálculo de superposición	σ _{res}	6,430	3,539	6,350 N/mm²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	γ _{BZ, res}	3,577	6,498	3,622 [-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	γ _{BD, res}	—	—	— [-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ _{RBZ, res}	23,00	23,00	23,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ _{RBD, res}	23,00	23,00	23,00 N/mm²

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ _a	-2,593	0,569	-3,311 N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	γ _{BZ, a}	—	40,416	— [-]



Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	γ _{BD, a}	8,871	—	6,947 [-]
Tensiones debidas a presión interna	σ _i	6,395	6,395	6,395 N/mm²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ _i	3,597	3,597	3,597 [-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,707	0,939	0,660 [-]
Tensión por cálculo de superposición	σ _{res}	2,687	6,539	2,035 N/mm²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	γ _{BZ, res}	8,561	3,517	11,302 [-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	γ _{BD, res}	—	—	— [-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ _{RBZ, res}	23,00	23,00	23,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ _{RBD, res}	23,00	23,00	23,00 N/mm²

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

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal	
Relación:	I/(A·m²)	0,00053 [-]
Relación 'I/(A·m²)·κ _q ':	I/(A·m²)·κ _q	0,00053 [-]
Coefficiente resultante de deformación	c' _v	q _v -0,0893 q _h 0,0833 q _h [*] 0,0640 [-]
Cambio del diámetro vertical:	Δd _v	2,42 mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δd _h	2,10 mm
Deformación vertical relativa:	δ _v	1,40 %
Deflexión admisible:	zul δ _v	6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q _v	48,87 kN/m²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ _{v2}	0,87 [-]
Carga vertical total crítica:	krit q _v	774,5 kN/m²
$k_{crit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5} \quad (9.06a)$		

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	15,85 [-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ _{stab}	2,00 [-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	13,77 [-]
Relación de deflexión:	η	2,85 [-]

Presión interior resultante (pl - pW):		P _{l,res}	3,90	bar	
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:		σ _{RZ}	17,5	N/mm²	
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}}$				(9.01c)	
Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ _a	1,378	-1,314	2,078	N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	γ _{BZ,a}	15,225	—	10,093	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	γ _{BD,a}	—	15,965	—	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ _i	4,697	4,697	4,697	N/mm²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ _i	3,726	3,726	3,726	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ _{RBZ,res}	18,29	16,15	18,57	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ _{RBD,res}	18,29	16,15	18,57	N/mm²
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ _a	-2,152	0,063	-2,866	N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	γ _{BZ,a}	—	335,390	—	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	γ _{BD,a}	9,745	—	7,320	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ _i	4,697	4,697	4,697	N/mm²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ _i	3,726	3,726	3,726	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ _{RBZ,res}	14,56	17,55	12,06	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ _{RBD,res}	14,56	17,55	12,06	N/mm²
Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.					
1.2.7.2. Prueba de deformación					
Modo de cálculo:		lineal			
Relación:		I/(A·mm²)		0,00053 [-]	
Relación 'I/(A·mm²)·κq':		I/(A·mm²)·κ _q		0,00053 [-]	
Coefficiente resultante de deformación	c' _v	q _v	q _h	q _h *	
		-0,0893	0,0833	0,0640	[-]

Cambio del diámetro vertical:	Δd_v	2,68	mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h	2,19	mm
Deformación vertical relativa:	δ_v	1,55	%
Deflexión admisible:	zul δ_v	6,00	%
La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.			
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):			
Carga vertical total:	q_v	48,50	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	$q_{v, krit}$	646,4	kN/m ²
$q_{v, krit} = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$			
(9.06a)			
La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.			
Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	13,33	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ_{stab}	2,00	[-]
Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.			
Todas las pruebas necesarias son correctas.			

5.5. Resultados DN 180 con carga de tráfico SLW 60



INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	005
Fecha:	24/03/2014

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.



Contenido

1. : DN 180 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	5
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion λR y λB	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13

1. : DN 180 con SLW 60

Descripción del tramo: DN 180 con SLW 60
Tipo de cálculo: Según tabla
Añadir dibujo para imprimir: Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad: A (caso normal)
Deflexión admisible: 6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna: De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión: no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada: No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno: G2
Cálculo E1: tabla 8 (A127)
Tipo de relleno en la zona del tubo: G2
Cálculo E20: tabla 8 (A127)
Tipo de suelo natural: G2
Cálculo E3: Densidad Proctor
Densidad Proctor E3: $D_{Pr,E3}$ 90,0 %
E4 = 10 · E1: Si

1.1.3. Carga

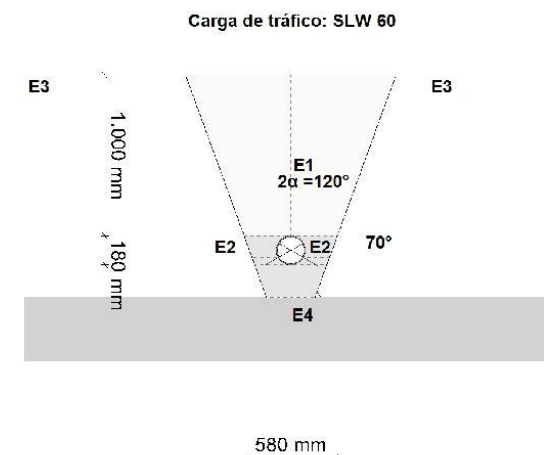
Altura de recubrimiento: h 1,00 m
Densidad del suelo: γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional: p_0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo: $h_{w,max}$ 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo: $h_{w,min}$ 0,00 m
Presión interna, corto plazo: $P_{I,K}$ 5,3 bar
Presión interna, largo plazo: $P_{I,L}$ 3,9 bar
Sección llena: Si
Densidad del fluido: γ_F 10,0 kN/m³
Carga de tráfico: SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación: Zanja
Ancho de zanja: b 0,58 m
Ángulo del talud: β 70 °
Condiciones de relleno: A4
Condiciones de la instalación: B4
Tipo de apoyo: suelto
Ángulo de apoyo: 120°
Proyección relativa: a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material: PE 100
Presión nominal: PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)
Diámetro nominal: DN 180 (6,9 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d_i	166,2	mm
Diámetro exterior:	d_a	180,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r_m	86,6	mm
Espesor:	s	6,9	mm
Proporción:	r_m/s	12,543	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α_{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α_{ka}	0,973	[-]
Predeformación local:	δ_{vl}	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ_{vg}	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A_{rad}	6,9	mm ² /mm
Distancia de inercia:	e	3,5	mm
Momento de inercia:	I	27,4	mm ⁴ /mm
Momento resistente exterior:	W_a	7,9	mm ³ /mm
Momento resistente interior:	W_i	7,9	mm ³ /mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	γ_R	corto plazo 9,4	largo plazo 9,4	kN/m ³
Coefficiente de poisson	ν	0,38	0,38	[-]
Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	17,5	N/mm ²



Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	17,5	N/mm ²

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	$\text{erf } \gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	$\text{erf } \gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r_m	86,6	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α_{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α_{ka}	0,973	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]
---	----------	-------	-----

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}$$

(5.04)

Coefficiente de carga del suelo κ_0 para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ_0	1,000	[-]
---	------------	-------	-----

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}$$

(5.05)

κ_0 y κ están indicadas como 1, porque E_1 es mayor que E_3 .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P_{Erd}	20,00	kN/m ²
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P_E	20,00	kN/m ²
Tensión debida a carga de tráfico:	P_V	57,04	kN/m ²
Coefficiente de impacto (incl.):	ϕ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Factor de reducción por fluencia:	f_1	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f_2	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α_B	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	11,00	N/mm ²
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	3,05	N/mm ²
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	110,00	N/mm ²

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	0,596	[-]
--	---------	-------	-----



$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}}$$

(6.17)

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667$$

Corrección (6.18)

Si el ángulo de talud de la zanja es $< 90^\circ$ se debe considerar la anchura de la zanja a la altura del centro de la tubería en lugar de la anchura de la zanja a la altura de la corona

Rigidez del apoyo horizontal:	S_{Bh}	3,931	N/mm ²
-------------------------------	----------	-------	-------------------

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

(6.16)

Rigidez de apoyo vertical:	S_{Bv}	11,000	N/mm ²
----------------------------	----------	--------	-------------------

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

(6.12)

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	2α	120	°
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	a_S	1,00	[-]
Proyección relativa efectiva:	a'	1,000	[-]

$$a' = a_S \cdot \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26$$

(6.05)

Ángulo de fricción interna:	ϕ'	30,000	°
Ángulo de fricción de la pared:	δ	30,000	°

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas
--	------------------------------------	--	-------------------------------

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	940,4	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Rigidez del tubo	S_R	50,669	39,707	8,445	kN/m ²

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3}$$

(6.10a)

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V_{RB}	0,0129	0,0101	0,0021	[-]
---------------------	----------	--------	--------	--------	-----

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}}$$

(6.15)

Relación de rigidez	V_S	0,2736	0,2547	---	[-]
---------------------	-------	--------	--------	-----	-----

$$V_s = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{BV}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo)	K_2	0,300	0,300	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo	K^*	1,132	1,174	---	[-]

$$K^* = \frac{c_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo	c_v^*	-0,017	-0,014	---	[-]
---	---------	--------	--------	-----	-----

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración λ_R y λ_B

Factor de concentración máximo	$\max \lambda$	1,660	1,660	---	[-]
--------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	K'	0,924	0,922	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	λ_R	0,631	0,615	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	λ_{RG}	0,727	0,715	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	λ_{to}	3,850	3,850	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	λ_{ti}	0,299	0,299	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, valor final	λ_{RG}	0,727	0,715	---	[-]
Factor de concentración del suelo	λ_B	1,123	1,128	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	q_v	71,57	71,33	---	kN/m ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	q_h	7,28	7,31	---	kN/m ²
-----------------	-------	------	------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + V_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	q_{h^*}	73,34	75,71	---	kN/m ²
---	-----------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_{h^*} = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	q_{hw}^*	0,76	0,88	---	kN/m ²
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q_{hw}^* = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,140	0,139	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,014	-0,014	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M_{qh}^*	-0,099	-0,103	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M_{qw}^*	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,029	0,025	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,027	0,023	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,027	0,023	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	0,167	0,167	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,630	-0,633	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	-3,662	-3,781	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	-0,038	-0,044	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	0,001	0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,047	0,047	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	40,012	28,167	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-4,115	-4,242	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-4,124	-4,245	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	-0,142	-0,142	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	0,014	0,014	kNm/m



Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M [*] _{qh}	0,114	0,118	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M [*] _{qw}	0,001	0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M _g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M _w	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M _{pw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M _{pa1}	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	ΣM	-0,013	-0,009	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$				
Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	-0,015	-0,010	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,014	-0,010	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N _{qv}	-6,194	-6,173	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N _{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N [*] _{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N [*] _{qw}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N _g	-0,009	-0,009	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N _w	0,016	0,016	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N _{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	37,939	26,243	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-6,187	-6,166	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-6,203	-6,182	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M _{qv}	0,147	0,147	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M _{qh}	-0,014	-0,014	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M [*] _{qh}	-0,099	-0,103	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M [*] _{qw}	-0,001	-0,001	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M _g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M _w	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M _{pw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M _{pa1}	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	ΣM	0,037	0,033	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M^{*}_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$				
Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,035	0,031	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^{*}_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,035	0,031	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N _{qv}	-0,167	-0,167	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N _{qh}	-0,630	-0,633	kN/m



Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N [*] _{qh}	-3,662	-3,781	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N [*] _{qw}	-0,038	-0,044	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N _g	-0,001	-0,001	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N _w	0,103	0,103	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N _{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	39,730	27,887	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-4,396	-4,522	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-4,461	-4,582	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

Coeficiente de superposición de tensiones:		Z	3,02	[-]		
Relación de deflexión:		η	2,56	[-]		
Presión interior resultante (pI - pW):		pI,res	5,31	bar		
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:		σ_{RZ}	23,0	N/mm ²		
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^{*}} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^{*}} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$						
Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	2,930	-2,791	3,928	N/mm ²	
Coeficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	7,849	—	5,855	[-]	
Coeficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	—	8,241	—	[-]	
Tensiones debidas a presión interna		σ_i	6,395	6,395	6,395	N/mm ²
Coeficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,597	3,597	3,597	[-]	
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis		n	0,685	0,693	0,608	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	6,390	2,499	6,273	N/mm ²	
Coeficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	3,600	9,203	3,666	[-]	
Coeficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	—	—	—	[-]	
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²	
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²	
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-3,940	0,899	-4,966	N/mm ²	
Coeficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	—	25,572	—	[-]	

Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	5,837	—	4,632	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,395	6,395	6,395	N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,597	3,597	3,597	[-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,607	0,902	0,549	[-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	1,490	6,577	0,785	N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	15,440	3,497	29,293	[-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	—	—	—	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00	N/mm ²

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

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00053	[-]	
Relación $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$:	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00053	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833
				q_h^*	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:	Δd_v		3,73	mm	
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h		3,23	mm	
Deformación vertical relativa:	δ_v		2,15	%	
Deflexión admisible:	$zul \delta_v$		6,00	%	

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q_v	71,57	kN/m ²	
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ_{v2}	0,87	[-]	
Carga vertical total crítica:	$\kappa_{krit} q_v$	774,5	kN/m ²	
$\kappa_{krit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)				

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	10,82	[-]	
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{stab}$	2,00	[-]	

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	13,77	[-]	
Relación de deflexión:	η	2,75	[-]	

Presión interior resultante (pl - pV):	$p_{i,res}$	3,90	bar	
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	17,5	N/mm ²	
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$				
Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	2,405	-2,215	3,400
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	8,970	—	6,346
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	—	9,740	—
				[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	4,697	4,697	4,697
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,726	3,726	3,726
				[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	18,88	13,87	19,21
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	18,88	13,87	19,21
				N/mm ²
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-3,478	0,359	-4,500
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	—	60,057	—
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	6,202	—	4,793
				[-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	4,697	4,697	4,697
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,726	3,726	3,726
				[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	5,88	17,79	-75,76
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	5,88	17,79	-75,76
				N/mm ²

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

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00053	[-]	
Relación $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$:	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00053	[-]	

Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833
				q_h^*	0,0640
					[-]



Cambio del diámetro vertical:	Δd_v	3,99	mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δd_h	3,33	mm
Deformación vertical relativa:	δ_v	2,31	%
Deflexión admisible:	zul δ_v	6,00	%
La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.			
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):			
Carga vertical total:	q_v	71,33	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	K_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	$k_{rit} q_v$	687,3	kN/m ²
$k_{rit} q_v = 2 \cdot K_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)			
La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.			
Coeficiente de seguridad de estabilidad:	γ	9,64	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ_{stab}	2,00	[-]
Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.			
Todas las pruebas necesarias son correctas.			

5.6. Resultados DN 200 con carga de tráfico SLW 60



INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única
Empresa / Entidad:	UPV -ETSICCP - GIOP - TFG
Autor:	Carmen Hernández de Vega
Informe nº:	006
Fecha:	24/03/2014

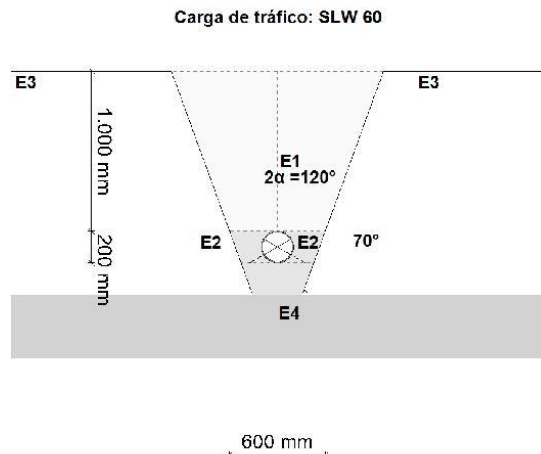
Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

Contenido

1. : DN 200 con SLW 60	3
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	5
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion λ_R y λ_B	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13

1. : DN 200 con SLW 60

Descripción del tramo:	DN 200 con SLW 60		
Tipo de cálculo:	Según tabla		
Añadir dibujo para imprimir:	Si		
1.1. Entrada de datos:			
1.1.1. Opciones de seguridad			
Clase de seguridad:	A (caso normal)		
Deflexión admisible:	6% (habitual)		
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127		
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)		
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No		
1.1.2. Suelo			
Tipo de relleno:	G2		
Cálculo E1:	tabla 8 (A127)		
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G2		
Cálculo E20:	tabla 8 (A127)		
Tipo de suelo natural:	G2		
Cálculo E3:	Densidad Proctor		
Densidad Proctor E3:	D _{Pr,E3}	90,0	%
E4 = 10 · E1:	Si		
1.1.3. Carga			
Altura de recubrimiento:	h	1,00	m
Densidad del suelo:	γ	20,0	kN/m³
Carga superficial adicional:	p ₀	0,0	kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h _{W,max}	0,00	m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h _{W,min}	0,00	m
Presión interna, corto plazo:	P _{1,K}	5,3	bar
Presión interna, largo plazo:	P _{1,L}	3,9	bar
Sección llena:	Si		
Densidad del fluido:	γ _F	10,0	kN/m³
Carga de tráfico:	SLW 60		
1.1.4. Instalación			
Instalación:	Zanja		
Ancho de zanja:	b	0,60	m
Ángulo del talud:	β	70	°
Condiciones de relleno:	A4		
Condiciones de la instalación:	B4		
Tipo de apoyo:	suelto		
Ángulo de apoyo:	120°		
Proyección relativa:	a	1,00	[-]
1.1.5. Tubo de la base de datos			
Material:	PE 100		
Presión nominal:	PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)		
Diámetro nominal:	DN 200 (7,7 mm)		



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d _i	184,6	mm
Diámetro exterior:	d _a	200,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r _m	96,2	mm
Espesor:	s	7,7	mm
Proporción:	r _m /s	12,487	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α _{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α _{ka}	0,973	[-]
Predeformación local:	δ _{vl}	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ _{vg}	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A _{rad}	7,7	mm ² /mm
Distancia de inercia:	e	3,9	mm
Momento de inercia:	I	38,0	mm ⁴ /mm
Momento resistente exterior:	W _a	9,9	mm ³ /mm
Momento resistente interior:	W _i	9,9	mm ³ /mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	γ _R	corto plazo	9,4	kN/m ³
Coefficiente de poisson	ν		0,38	[-]
Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E _R	1.200,0	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ _{RBZ}	23,0	17,5	N/mm ²



Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ _{RBD}	23,0	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ _{RZ}	23,0	17,5	N/mm ²

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf γ _{RBZ}	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf γ _{RBD}	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf γ _{stab}	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r _m	96,2	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α _{ki}	1,027	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α _{ka}	0,973	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]
--	---	-------	-----

$$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$$

Coefficiente de carga del suelo κ ₀ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ ₀	1,000	[-]
---	----------------	-------	-----

$$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$$

κ₀ y κ están indicadas como 1, porque E1 es mayor que E3.

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	h _{W,Scheitel}	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P _{Erd}	20,00	kN/m ²
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P _E	20,00	kN/m ²
Tensión debida a carga de tráfico:	P _V	56,80	kN/m ²
Coefficiente de impacto (incl.):	φ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	E _{1,σ}	11,00	N/mm ²
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	E _{20,σ}	11,00	N/mm ²
Factor de reducción por fluencia:	f ₁	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f ₂	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α _B	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	E _{2,σ}	11,00	N/mm ²
Módulo elástico del suelo natural:	E _{3,σ}	3,05	N/mm ²
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	E _{4,σ}	110,00	N/mm ²

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	0,545	[-]
--	---	-------	-----

$$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$$

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Si el ángulo de talud de la zanja es < 90° se debe considerar la anchura de la zanja a la altura del centro de la tubería en lugar de la anchura de la zanja a la altura de la corona

Rigidez del apoyo horizontal: S_{Bh} 3,596 N/mm² (6.16)

$$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2$$

Rigidez de apoyo vertical: S_{Bv} 11,000 N/mm² (6.12)

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a}$$

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:
Proyección relativa efectiva:

	2α	120	°
a_s	1,00	[-]	
a'	1,000	[-]	

$$a' = a_s - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$$

Ángulo de fricción interna: ϕ' 30,000 °
Ángulo de fricción de la pared: δ 30,000 °

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E_R	1.200,0	939,6	200,0	N/mm ²
Valor característico de tracción por deflexión	σ_{RBZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ_{RBD}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ_{RZ}	23,0	21,6	17,5	N/mm ²
Rigidez del tubo	S_R	51,360	40,214	8,560	kN/m ²

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$$

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V_{RB}	0,0143	0,0112	0,0024	[-]
---------------------	----------	--------	--------	--------	-----

$$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$$

Relación de rigidez	V_S	0,2580	0,2401	---	[-]
---------------------	-------	--------	--------	-----	-----

$$V_S = \frac{S_R}{|c_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo)	K_2	0,300	0,300	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo	K^*	1,113	1,157	---	[-]

$$K^* = \frac{c_{h,qv}}{V_{RB} - c_{h,qh}^*} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo c_v^* -0,018 -0,015 --- [-] (6.13)

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^*$$

1.2.2.10. Factores de concentración λ_R y λ_B

Factor de concentración máximo	$\max \lambda$	1,628	1,628	---	[-]
--------------------------------	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} + \left[\frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	K'	0,925	0,923	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{c_{h,qh}}{c_{h,qv}} \cdot c_{v,qh}^* \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	λ_R	0,622	0,606	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_S + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}}{V_S + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K' \cdot \max \lambda - 1}{3 \cdot a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	λ_{RG}	0,748	0,737	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	λ_{fo}	3,850	3,850	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	λ_{fi}	0,327	0,327	---	[-]
Factor de concentración sobre el tubo, valor final	λ_{RG}	0,748	0,737	---	[-]
Factor de concentración del suelo	λ_B	1,126	1,131	---	[-]

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	q_v	71,76	71,54	---	kN/m ²
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------



$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	q_h	7,36	7,39	---	kN/m ²
-----------------	-------	------	------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	q^*_h	72,19	74,81	---	kN/m ²
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{c_{h,qv} \cdot q_v + c_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - c_{h,qh}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	q^*_{hw}	0,83	0,97	---	kN/m ²
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{c_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - c_{h,qh}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,173	0,173	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,017	-0,017	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	-0,121	-0,125	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	-0,001	-0,002	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,003	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,039	0,033	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,036	0,031	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,036	0,031	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	0,186	0,186	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,707	-0,710	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N^*_{qh}	-4,005	-4,150	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N^*_{qw}	-0,046	-0,054	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	0,002	0,002	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,058	0,058	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	44,499	31,328	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-4,512	-4,669	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-4,524	-4,673	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	-0,176	-0,175	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	0,017	0,017	kNm/m

AseTUB V. 1.0.0.0 - 21/05/2014 17:48:27

Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

8



Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	0,139	0,144	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	-0,002	-0,002	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,003	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	-0,018	-0,013	kNm/m
------------------	------------	--------	--------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	-0,021	-0,015	kNm/m
--	--------------------	--------	--------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,020	-0,015	kNm/m
--	-------------	--------	--------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-6,900	-6,879	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N^*_{qh}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N^*_{qw}	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,011	-0,011	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,020	0,020	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m

Fuerzas totales normales	ΣN	42,121	29,127	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-6,891	-6,870	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-6,911	-6,890	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M_{qv}	0,182	0,182	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M_{qh}	-0,017	-0,017	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M^*_{qh}	-0,121	-0,125	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M^*_{qw}	-0,001	-0,002	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M_g	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M_w	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M_{pw}	0,003	0,002	kNm/m
Momento debido al nivel freático a la altura de la clave	M_{pa1}	0,000	0,000	kNm/m

$$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$$

Momentos totales	ΣM	0,049	0,043	kNm/m
------------------	------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M_{sonst} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pa1}$$

Momentos totales sin presión interna/externa	ΣM_{sonst}	0,046	0,041	kNm/m
--	--------------------	-------	-------	-------

$$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$$

Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,045	0,040	kNm/m
--	-------------	-------	-------	-------

Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N_{qv}	-0,186	-0,186	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N_{qh}	-0,707	-0,710	kN/m

AseTUB V. 1.0.0.0 - 21/05/2014 17:48:27

Proyecto de infraestructuras hidráulicas urbanas para el Sector SUP-2 ESTE del Plan General de Sagunto (Valencia) – Red de distribución de agua potable única

9

Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N_{qh}^*	-4,005	-4,150	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N_{qw}^*	-0,046	-0,054	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N_g	-0,002	-0,002	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N_w	0,127	0,127	kN/m
Fuerza normal debida al nivel freático hasta la clave	N_{pa1}	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	44,192	31,022	kN/m
Total sin presión interna/externa	ΣN_{sonst}	-4,819	-4,975	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-4,900	-5,048	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	2,99	[-]
Relación de deflexión:	η	2,71	[-]
Presión interior resultante (pl - pW):	$P_{i,res}$	5,31	bar
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:	σ_{RZ}	23,0	N/mm ²

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	3,146	-3,040	4,145 N/mm ²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	7,312	—	5,549 [-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	—	7,565	— [-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,365	6,365	6,365 N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,613	3,613	3,613 [-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,673	0,679	0,592 [-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	6,405	2,256	6,221 N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	3,591	10,193	3,697 [-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	—	—	— [-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00 N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00 N/mm ²

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σ_a	-4,123	1,139	-5,149 N/mm ²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,a}$	—	20,193	— [-]

Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,a}$	5,578	—	4,467 [-]
Tensiones debidas a presión interna	σ_i	6,365	6,365	6,365 N/mm ²
Coefficiente de seguridad por presión interna	γ_i	3,613	3,613	3,613 [-]
Factor de reducción de acuerdo a Netzer/Pattis	n	0,593	0,871	0,541 [-]
Tensión por cálculo de superposición	σ_{res}	1,330	6,535	0,658 N/mm ²
Coefficiente de seguridad para cálculo de superposición, tensión por flexión:	$\gamma_{BZ,res}$	17,294	3,520	34,975 [-]
Coefficiente de seguridad para cálculos de superposición, compresión por flexión:	$\gamma_{BD,res}$	—	—	— [-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	23,00	23,00	23,00 N/mm ²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	23,00	23,00	23,00 N/mm ²

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

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal							
Relación:	$l/(A \cdot \text{m}^2)$ 0,00053 [-]							
Relación ' $l/(A \cdot \text{m}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$l/(A \cdot \text{m}^2) \cdot \kappa_q$ 0,00053 [-]							
Coefficiente resultante de deformación	c'_v	q_v	-0,0893	q_h	0,0833	q_h^*	0,0640	[-]
Cambio del diámetro vertical:				Δd_v			4,40	mm
Cambio del diámetro horizontal:				Δd_h			3,86	mm
Deformación vertical relativa:				δ_v			2,29	%
Deflexión admisible:				zul δ_v			6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	q_v	71,76	kN/m ²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κ_{v2}	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	krit q_v	745,0	kN/m ²
$krit q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)			

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	10,38	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γ_{stab}	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

Coefficiente de superposición de tensiones:	Z	13,64	[-]
Relación de deflexión:	η	2,92	[-]



Presión interior resultante (pl - pW):		pl,res	3,90	bar	
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial:		σRZ	17,5	N/mm²	
$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}}$				(9.01c)	
Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σa	2,582	-2,422	3,579	N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	YBZ,a	8,352	—	6,026	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	YBD,a	—	8,904	—	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σi	4,675	4,675	4,675	N/mm²
Coefficiente de seguridad por presión interna	Yi	3,743	3,743	3,743	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	18,95	13,13	19,26	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	18,95	13,13	19,26	N/mm²
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a carga externa	σa	-3,629	0,558	-4,652	N/mm²
Coefficiente de seguridad para carga externa, tensión por flexión:	YBZ,a	—	38,629	—	[-]
Coefficiente de seguridad por carga externa, compresión por flexión:	YBD,a	5,943	—	4,637	[-]
Tensiones debidas a presión interna	σi	4,675	4,675	4,675	N/mm²
Coefficiente de seguridad por presión interna	Yi	3,743	3,743	3,743	[-]
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	3,38	17,93	-791,27	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	3,38	17,93	-791,27	N/mm²
Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.					

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal							
Relación:			$I/(A \cdot \text{mm}^2)$	0,00053	[-]			
Relación ' $I/(A \cdot \text{mm}^2) \cdot \kappa_q$ ':			$I/(A \cdot \text{mm}^2) \cdot \kappa_q$	0,00053	[-]			
Coefficiente resultante de deformación	c'_{v}	q_{v}	-0,0893	q_{h}	0,0833	q_{h}^*	0,0640	[-]



Cambio del diámetro vertical:	Δdv	4,71	mm
Cambio del diámetro horizontal:	Δdh	4,00	mm
Deformación vertical relativa:	δv	2,45	%
Deflexión admisible:	zul δv	6,00	%
La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.			
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):			
Carga vertical total:	qv	71,54	kN/m²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κv2	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	krit qv	660,9	kN/m²
$k_{krit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8 S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$			
(9.06a)			
La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.			
Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	9,24	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γstab	2,00	[-]
Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.			
Todas las pruebas necesarias son correctas.			