

ANEJO DE CÁLCULOS MECÁNICOS CONDUCCIONES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CÁLCULOS MECÁNICOS EN TUBERÍAS DE FUNDICIÓN.....	1
2.1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZANJA DE ESTUDIO.....	1
2.3. NORMATIVA UTILIZADA	1
2.4. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	1
2.5. CÁLCULO MECÁNICO PROYECTO	2
2.5.1. FD 800; profundidad mínima de instalación.	2
2.5.2. FD 800; profundidad máxima de instalación.	3
3. JUNTAS ACERROJADAS.....	3
3.1. OBJETO.....	3
3.2. LONGITUD DE ACCERROJAMIENTO.....	3
3.2.1. Acerrojamiento por cambio de alineación	3
3.2.2. Acerrojamiento por cambio de pendiente.....	3
3.3. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE ACCERROJAMIENTO	4
4. CÁLCULOS MECÁNICOS EN TUBERÍAS DE PVC-CORRUGADO	5
4.1. MÉTODO DE COMPROBACIÓN	5
4.2. CÁLCULO MECÁNICO DE PROYECTO	6
4.2.1. PVC Corrugado 400, SN 8; profundidad mínima	7
4.2.2. PVC Corrugado 400, SN 8; profundidad máxima sin N.F.....	9
4.2.3. PVC Corrugado 400, SN 8; profundidad máxima con N.F.....	12
5. CÁLCULOS MECÁNICOS EN TUBERÍAS DE PRFV.....	14
5.1. MÉTODO DE COMPROBACIÓN	14
5.2. PROCESO DE CÁLCULO SEGÚN EL M-45	14
5.3. CÁLCULO MECÁNICO PROYECTO	17
5.3.1. Tubería PRFV 500, SN 10.000, PN 1.....	17
5.3.2. Tubería PRFV 600 SN 10.000 PN; COLECTOR 1	19
5.3.3. Tubería PRFV 600 SN 10.000 PN; COLECTOR1 EN TRAMO DE ACERA.....	21
5.3.4. Tubería PRFV 600 SN 10.000 PN; INTERCEPTOR SUEVOS.....	23
5.3.5. Tubería PRFV 800 SN 10.000 PN 1.....	25
5.3.6. Tubería PRFV 900 SN 10.000 PN 1.....	27





CVE: V2web6c0k1

Verificación: <https://sede.xunta.gal/cve>



INSTITUTO GALEGO
DA VIVENDA E SOLO

Diligencia pola que se fai constar que o documento coñecido co enviado a
exposición pública

Xefe de servizo de Planificación e Ordenación do Solo: Alberto Feijoo Rodríguez

1. INTRODUCCIÓN

En este Anejo se desarrollan los cálculos mecánicos de las diferentes conducciones contempladas en el Proyecto "Proxecto de Conexión Exterior de Saneamento do parque das actividades económicas de Arteixo".

A continuación se presentan los cálculos de comprobación mecánica según normativa vigente para las diferentes conducciones proyectadas.

2. CÁLCULOS MECÁNICOS EN TUBERÍAS DE FUNDICIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

El material de la conducción de impulsión es fundición dúctil, esto es, fundición en la que el grafito está presente esencialmente en forma esferoidal siendo el diámetro nominal de la tubería de fundición utilizada FD 800.

Para los cálculos que se exponen, se ha supuesto las cargas de tráfico elevadas según normativas para mantenernos del lado de la seguridad en cuanto las conclusiones obtenidas:

- Fundición, $\beta=2$ que corresponden a cargas rodantes particularmente elevadas y $\beta=1,5$ que corresponden a zonas de circulación con carreteras principales.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZANJA DE ESTUDIO

La sección en zanja que alberga la conducción de fundición es:

- Cama de arena en la base del tubo, con un espesor mínimo de 0,15 m y recubrimiento del mismo con un espesor mínimo de 0,30 m por encima de la generatriz del mismo.
- Capa de material seleccionado procedente de préstamo, hasta una cota superior a los 0,30 m como mínimo de la parte superior del tubo de fundición con una compactación superior al 95% del Proctor Normal.
- En los tramos donde se define firme, se dispone 0,20 m de macadam y dicho firme mediante mezcla bituminosa de 0,15 m.

La zanja posee paredes verticales, con un ancho de la misma del diámetro del tubo con un incremento de 0,60 m.

2.3. NORMATIVA UTILIZADA

La comprobación mecánica para las conducciones de fundición debe realizarse según la normativa UNE-EN 545, donde en el Anejo F recoge el método de cálculo para la hipótesis pésima de carga de acciones exteriores (deformaciones). No se realiza la comprobación de tensiones, ya que según normativa, esta comprobación se puede sustituir por la comprobación de deformaciones, debido a que si no se exceden las deformaciones máximas implica que las tensiones en la pared del tubo son admisibles.

2.4. METODOLOGÍA EMPLEADA

Previo estudio mecánico de la tubería, se ha de realizar un análisis del material y de las características propias de la conducción, así como de las características del terreno y de la zanja que albergará dicho tubo, y también de las cargas actuantes sobre la tubería.

La comprobación mecánica para las conducciones de éste material debe realizarse según la normativa UNE-EN 545, donde en el Anejo F se recoge el método de cálculo para la hipótesis pésima de carga de acciones exteriores (deformaciones). No se realiza la comprobación de tensiones, ya que según normativa, esta comprobación se puede sustituir por la comprobación de deformaciones, ya que si no se exceden las deformaciones máximas implica que las tensiones en la pared del tubo son admisibles. Para el desarrollo de la comprobación mecánica de los tubos, se llevan a cabo el estudio de las siguientes hipótesis:

- Presión Interna.
- Acciones externas.

Presión interna

En las conducciones de fundición, las presiones características del material pueden determinarse como:

$$PFA = \frac{2eR_m}{D_m C_{DP}}$$

$$PMA = \frac{2eR_m}{D_m C_{MDP}}$$

Donde:

Parámetro	Descripción
e	Espesor de la pared del tubo, en mm.
D_m	Diámetro medio del tubo, en mm
R_m	Resistencia a la tracción de la fundición.
C_{DP}	Coeficiente de seguridad ante la actuación de la DP. (C _{DP} =3)
C_{MDP}	Coeficiente de seguridad ante la actuación de la MDP. (C _{MDP} =2,5)
PFA	Presión de funcionamiento admisible
PMA	Presión máxima admisible
DP	Presión de diseño
MDP	Presión máxima de diseño

Acciones externas: deformaciones causadas por la presión externa

Según el método simplificado de la Norma UNE-EN 545, el cálculo se basa en la fórmula de Spangler (cálculo de la ovalización del tubo de fundición):

$$\Delta = \frac{100 \cdot K \cdot (P_e + P_t)}{8 \cdot S + f \cdot E_s}$$

Donde:

Δ : Ovalización del tubo (%)

K: Coeficiente de apoyo.

Pe: Presión debida la carga de las tierras (kN/m²)

Pt: Presión debida a las cargas rodantes (kN/m²)

S: Rigidez diametral del tubo (kN/m²)

f: Factor de presión lateral.

Es: Módulo de reacción del suelo (Kn/m²)

La ovalación no debe sobrepasar la ovalización admisible definida en la tabla 6 de la UNE-EN 545, anexo C.

La presión debida a cargas de tierras, P_e , repartida uniformemente a lo largo de la generatriz superior del tubo sobre una distancia igual al diámetro exterior, se define con la siguiente fórmula:

$$P_e = \gamma \cdot H$$

Donde:

Pe: Presión debida a carga de tierras (kN/m²)



γ : Peso específico del relleno (kN/m²)

H: Altura de cobertura (m)

La presión debida a las cargas rodantes, P_t , repartida uniformemente a lo largo de la generatriz superior del tubo sobre una distancia igual al diámetro exterior, se calculan con la siguiente expresión:

$$P_t = 40 \cdot (1 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot DN) \cdot \frac{\beta}{H}$$

Donde:

DN: Diámetro nominal (m)

β : Coeficiente de cargas rodantes.

Para los restantes parámetros, utilizamos los siguientes valores:

K: Depende de la distribución de tensiones del suelo en el nivel de la generatriz superior del tubo sobre una distancia igual al diámetro exterior y en el nivel de la generatriz inferior del tubo sobre una distancia correspondiente al ángulo 2α .

Normalmente está entre 0,11 (para $2\alpha=20^\circ$, tubage simplemente apoyada) y 0,09 (para $2\alpha=120^\circ$).

γ : Normalmente se supone igual a 20 kN/m², a no ser que el peso específico real del relleno sea superior a 20 kN/m².

β : Se utilizan los valores indicados en la siguiente tabla (coeficiente de cargas rodantes):

Tipo de cargas rodantes	β
Cargas rodantes particularmente elevadas	2,00
Zonas de circulación con carreteras principales	1,50
Zonas de circulación con carreteras de acceso o cuando el tráfico de pesados esté prohibido	0,75
Zonas rurales	0,50

f: Es igual a 0,061.

Es: Se utilizan los valores indicados en la siguiente tabla (valores del módulo de reacción del suelo):

Nivel de compactación	E_s (KN/m ²)
Compactado casi nulo	1
Compactado débil	2
Compactado bueno	5

2.5. CÁLCULO MECÁNICO PROYECTO

Se realiza el cálculo mecánico para los casos particulares de la conducción de fundición, analizando los casos más desfavorables de la tubería, ya sea debido por las cargas de tráfico actuante como por la profundidad a la que se dispone.

Se presenta a continuación el cálculo mecánico según diámetros:

2.5.1. FD 800; profundidad mínima de instalación.

Datos de entrada

Parametro	Valor
Profundidad clave del tubo	1,00 m
Espesor del firme	0,35 m
Peso específico firme	25,00 KN/m ³
Peso específico tierras	20,00 KN/m ³
Diámetro Nominal del tubo	0,8000 m
Diámetro Exterior del tubo	0,8420 m
Espesor de la pared del tubo	0,0117 m

Estado tensional debido a la presión externa (fórmula de Spangler):	CUMPLE
---	---------------

$$\Delta = \frac{100 \cdot K \cdot (P_e + P_t)}{8 \cdot S + f \cdot E_s}$$

Parametro	Valor	Descripción
Δ (%)	1,18	% ovalización del tubo
δ	3,55	% ovalización admisible
K	0,090	coeficiente de apoyo
Pe	=21,75 KN/m ²	presión por cargas de tierras
Pt	=20,00 KN/m ²	presión por cargas rodantes
β	0,50	coeficiente de cargas rodantes
S	=39,64 KN/m ²	rigidez diametral del tubo
f	0,061	factor de presión lateral
Es	=2,00 KN/m ²	módulo de reacción del suelo

2.5.2. FD 800; profundidad máxima de instalación.
Datos de entrada

Parametro	Valor
Profundidad clave del tubo	4,50 m
Espesor del firme	0,35 m
Peso específico firme	25,00 KN/m ³
Peso específico tierras	20,00 KN/m ³
Diámetro Nominal del tubo	0,8000 m
Diámetro Exterior del tubo	0,8420 m
Espesor de la pared del tubo	0,0117 m

Estado tensional debido a la presión externa (fórmula de Spangler):	CUMPLE
--	---------------

$$\Delta = \frac{100 \cdot K \cdot (P_e + P_t)}{8 \cdot S + f \cdot E_s}$$

Parametro	Valor	Descripción
Δ (%)	2,73	% ovalización del tubo
δ	3,55	% ovalización admisible
K	0,090	coeficiente de apoyo
P_e	=91,75 KN/m ²	presión por cargas de tierras
P_t	=4,44 KN/m ²	presión por cargas rodantes
β	0,50	coeficiente de cargas rodantes
S	=39,64 KN/m ²	rigidez diametral del tubo
f	0,061	factor de presión lateral
E_s	=2,00 KN/m ²	módulo de reacción del suelo

3. JUNTAS ACERROJADAS
3.1. OBJETO

El objeto del presente apartado es presentar los cálculos realizados para obtener la longitud de acerrojamiento necesaria debido a cambios de dirección en la conducción o por trazado en pendiente de la misma.

3.2. LONGITUD DE ACCERROJAMIENTO

Una vez montados los tubos y piezas especiales, se ha de realizar la sujeción en la conducción de los elementos sometidos a esfuerzos que no deba o no sea capaz de soportar la propia tubería. Para ello se disponen macizos de anclaje o se realiza el acerrojamiento de la tubería.

En el Proyecto que nos ocupa, la sujeción de la tubería se lleva a cabo mediante tuberías con juntas capaces de resistir tracciones longitudinales (juntas acerrojadas), obviando así la colocación de macizos de hormigón en los cambios de alineación y en pendientes pronunciadas.

Se presenta en el apartado 3.3 del presente apéndice los cálculos de la longitud de acerrojamiento para los diferentes tramos definidos.

3.2.1. Acerrojamiento por cambio de alineación

En los cambios de alineación de la conducción se producen empujes que provocan esfuerzos que ha de ser soportado de alguna forma por la tubería en el caso de no disponer macizos de anclaje. Por esta razón dicha tubería ha de ser capaz de resistir tracciones longitudinales, lo cual se consigue disponiendo tuberías con junta acerrojada.

Para el cálculo de la longitud L de cada uno de estos tramos acerrojados desde cada lado del codo, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = [P \cdot A \cdot (1 - \cos \lambda) \cdot 10^2] / [\mu \cdot (W_{tierra} + W_{h2o} + W_{tub})]$$

Donde

P: Presión interior de la tubería

A: Área interior de la tubería

λ : Ángulo interior entre las alineaciones de la tubería

μ : Coeficiente de fricción tubo - terreno

W_{tierra} : Peso por unidad de distancia del terreno situado sobre el tubo

W_{h2o} : Peso por unidad de distancia del agua contenida en el interior de la tubería

W_{tub} : Peso por unidad de distancia de la tubería

3.2.2. Acerrojamiento por cambio de pendiente

Por encima de cierta pendiente, no son suficientes los frotamientos entre la canalización y las tierras para mantener la tubería. Entonces conviene equilibrar la componente axial de gravedad utilizando juntas acerrojadas. En el presente Proyecto, debido a que la pendiente es inferior al 25 %, igual no se adopta el criterio de acerrojar la conducción.

3.3. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE ACCERROJAMIENTO
CÁLCULO DE ACERROJAMIENTO DE TUBERÍA POR CODOS

CONEXIÓN IMPULSIÓN + IMPULSIÓN SABÓN

Cota Descarga Impulsión Sabón **71,50 m**

Coef. de rozamiento entre tubería y terreno 0,25
 Densidad terreno 2 Tn/m³
 Densidad Agua 1 Tn/m³
 H relleno mínimo sobre la tubería 1 m
 P. funcionamiento admisible junta universal Ve 25 bar
 P. Máx. admisible junta universal Ve 30 bar
 P. Ensayo. admisible junta universal Ve 30 bar

Pk	Elemento	Cota	Ángulo Alineación	DN Codo	P estática (MDP)		MDPa	STP		Área	We	Wp	Ww	L. Acerrojado STP	Comprobación tracción junta			
					m.c.a.	Kp/cm ²		Kp/cm ²	N/mm ²						m ²	Tn/m	Tn/m	Tn/m
0,00	BOMBEO	15,60		600														
17,00	CODO 90°	15,60	90	600	55,90	5,59	7,63	11,45	1,122	0,283	1,27	0,15	0,283	28,00	317.415,63	832.869,00	Cumple	
28,00	ARQUETA	15,60		600														
44,98	CODO 22,5°	15,48	22,5	800	56,02	5,602	7,642	11,46	1,123	0,503	1,68	0,28	0,503	7,00	43.012,42	1.480.329,00	Cumple	
47,85	CODO 45°	16,44	45	800	55,06	5,506	7,546	11,32	1,109	0,503	1,68	0,28	0,503	27,00	163.422,35	1.480.329,00	Cumple	
52,77	CODO 22,5°	18,47	22,5	800	53,03	5,303	7,343	11,01	1,079	0,503	1,68	0,28	0,503	7,00	41.329,52	1.480.329,00	Cumple	
54,69	CODO 45°	18,47	45	800	53,03	5,303	7,343	11,01	1,079	0,503	1,68	0,28	0,503	26,00	159.026,02	1.480.329,00	Cumple	
0,00	CONEX.IMP	18,47		800														
30,00	ARQUETA	18,50		800														
109,35	CODO 45°	18,53	45	800	52,97	5,2971	7,3371	11,01	1,079	0,503	1,68	0,28	0,503	26,00	158.898,24	1.480.329,00	Cumple	
391,96	CODO 22,5°	24,92	22,5	800	46,58	4,658	6,698	10,05	0,985	0,503	1,68	0,28	0,503	7,00	37.699,19	1.480.329,00	Cumple	
489,45	CODO 22,5°	31,96	22,5	800	39,55	3,9545	5,9945	8,992	0,881	0,503	1,68	0,28	0,503	6,00	33.739,59	1.480.329,00	Cumple	
573,73	CODO 22,5°	38,13	22,5	800	33,37	3,3374	5,3774	8,066	0,79	0,503	1,68	0,28	0,503	5,00	30.266,29	1.480.329,00	Cumple	
602,73	ARQUETA	39,05		800														
710,06	CODO 22,5°	41,17	22,5	800	30,33	3,0328	5,0728	7,609	0,746	0,503	1,68	0,28	0,503	5,00	28.551,87	1.480.329,00	Cumple	
773,02	CODO 22,5°	41,78	22,5	800	29,72	2,9717	5,0117	7,518	0,737	0,503	1,68	0,28	0,503	5,00	28.207,97	1.480.329,00	Cumple	
806,08	CODO 22,5°	42,10	22,5	800	29,40	2,9397	4,9797	7,47	0,732	0,503	1,68	0,28	0,503	5,00	28.027,87	1.480.329,00	Cumple	
834,88	CODO 22,5°	42,38	22,5	800	29,12	2,9117	4,9517	7,428	0,728	0,503	1,68	0,28	0,503	5,00	27.870,27	1.480.329,00	Cumple	
1013,70	ARQUETA	44,00		800														
1226,71	CODO 22,5°	61,35	22,5	800	10,15	1,0147	3,0547	4,582	0,449	0,503	1,68	0,28	0,503	3,00	17.193,15	1.480.329,00	Cumple	
1303,65	CODO 22,5°	67,58	22,5	800	3,92	0,3921	2,4321	3,648	0,358	0,503	1,68	0,28	0,503	3,00	13.688,89	1.480.329,00	Cumple	

4. CÁLCULOS MECÁNICOS EN TUBERÍAS DE PVC-CORRUGADO

4.1. MÉTODO DE COMPROBACIÓN

El dimensionamiento mecánico de los tubos de PVC-corrugado enterrados se realiza según las especificaciones de la norma alemana ATV 127, que se encuentra recogida en la UNE 53331 IN. La hipótesis pésima de carga suele corresponder a alguna de las combinaciones de acciones indicadas en la siguiente tabla:

	Combinación de acciones	Solicitación determinante
Hipótesis I	Presión interna positiva	Estado tensional
Hipótesis II	Acciones externas y presión interna	Estado tensional e deformaciones
Hipótesis III	Acciones externas	Estado tensional e deformaciones
Hipótesis IV	Acciones externas y presión interna	Pandeo o colapsado

Hipótesis I: Presión interna positiva (estado tensional)

En esta hipótesis se debe comprobar que la presión de diseño no excede del PN del tubo.

Hipótesis II: Acciones externas y presión interna (estado tensional y deformaciones)

Debe comprobarse que, actuando ambas acciones simultáneamente, el coeficiente de seguridad C a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al valor admisible conforme a los valores indicados en la siguiente tabla y que la deformación producida sea inferior al 6% del diámetro del tubo.

Esfuerzo tangencial a flexotracción admisible en tubos de PE

	Esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción (MPa)
Corto plazo	90
Largo plazo	50

Coeficiente C en tubos:

	Coeficiente de seguridad C
Clase de seguridad A	2,50
Clase de seguridad B	2,00

La clase de seguridad A corresponde al denominado “caso general”: con amenaza de capa freática y reducción de servicios o errores con consecuencias económicas considerables. A clase de seguridad B corresponde con los “casos especiales”: sin amenaza de capa freática y con débil reducción del servicio o errores con consecuencias económicas poco importantes.

Los esfuerzos tangenciales se determinarán con la siguiente fórmula:

$$\sigma = 10 \left[\frac{N}{S} \pm \frac{100M}{W} \alpha_k \right]$$

Donde:

σ : Esfuerzo tangencial, en MPa.

N: Suma de fuerzas axiales por unidad de longitud (kN/m)

$$N = N_{qvt} + N_{qh} + N_{qht} + N_t + N_a + N_{Pa}$$

Donde:

$N_{qvt}, N_{qt}, N_{qht}, N_t, N_a, N_{Pa}$ son axiales debidos a las acciones del terreno: q_{vt} (carga vertical), q_h (carga horizontal) y q_{ht} (reacción horizontal); y debidos a las acciones gravitatorias: q_t (peso propio do tubo) y q_a (peso del agua contenida en su interior) y q_{Pa} , (presión interior).

M: Suma de momentos por unidad de longitud (kNm/m)

$$M = M_{qvt} + M_{qh} + M_{qht} + M_t + M_a + M_{Pa}$$

Donde:

$M_{qvt}, M_{qh}, M_{qht}, M_t, M_a, M_{Pa}$ son momentos debidos a la acción del terreno: q_{vt} (carga vertical), q_h (carga horizontal) y q_{ht} (reacción horizontal); y debidos a las acciones gravitatorias: q_t (peso propio del tubo) y q_a (peso del agua contenida en su interior) y q_{Pa} , (presión interior)

S: Área de la sección longitudinal de la pared del tubo por unidad de longitud (cm²/m)

$$S = 100e$$

Donde:

e: Espesor de la pared del tubo (mm)

W: Momento resistente da sección (cm³/m)

$$W = 100e^2/6$$

k: Factor de correlación por curvatura, que tiene en cuenta las fibras periféricas interiores y exteriores.

Para obtener la deformación vertical a largo plazo, utilizaremos la siguiente expresión:

$$\delta = |C_v| \frac{q_{vt} - q_h}{S_t} 100$$

Donde:

δ : Deformación vertical a largo plazo, en %.

C_v : Coeficiente de deformación

q_{vt} : Presión vertical total sobre el tubo (kPa)

q_h : Presión lateral de tierras (kPa)

S_t : Rigidez a largo plazo del tubo (MPa)

$$S_t = \frac{E_t}{12} \left(\frac{e}{r_m} \right)^3$$

Donde:

E_t : Módulo de elasticidad a largo plazo del tubo (MPa)

e: Espesor de la pared del tubo (mm)

r_m : Radio medio do tubo (mm)



$$r_m = \frac{DN - e}{2}$$

Donde:

DN: Diámetro nominal do tubo (mm)

En esta hipótesis pésima de carga, muchas veces el estado deformacional es limitante antes que el estado tensional, por lo que su comprobación es fundamental.

Hipótesis III: Acciones externas (estado tensional y deformaciones)

Hay que comprobar que, actuando as cargas de esta hipótesis, el coeficiente de seguridad C a largo plazo para los esfuerzos tangenciales a flexotracción en clave, riñones y base sea superior al admisible, y que la deformación producida sea inferior al 6% del DN.

En esta hipótesis pésima de carga, en los tubos de PVC, normalmente el estado deformacional es limitante antes que el estado tensional, a pesar de que suele ser más condicionante la hipótesis anterior que esta.

Hipótesis IV: Acciones externas y presión

En esta hipótesis debe comprobarse que el coeficiente de seguridad C frente al pandeo alcance por lo menos los valores indicados en la tabla 3. Esto se puede comprobar mediante la siguiente expresión:

$$\frac{P_{crit}}{q_{vt}} \geq C$$

Donde:

qvt: Presión vertical total sobre el tubo (kPa)

C: Coeficiente de seguridad (con los valores de la tabla 3)

Pcrit: Carga crítica de pandeo (MPa), que puede calcularse con la siguiente expresión:

$$P_{crit} = 2\sqrt{S_t \times S_{sh}}$$

Donde:

St: Rigidez circunferencial específica a largo plazo (MPa)

Ssh: Rigidez horizontal de relleno hasta la clave del tubo (MPa)

4.2. CÁLCULO MECÁNICO DE PROYECTO

Se realiza el cálculo mecánico para los casos particulares de la conducción de PVC-Corrugado, analizando los casos más desfavorables de la tubería instalada, ya sea debido a las cargas de tráfico actuante como por la profundidad a la que se dispone u otros factores (nivel freático por ejemplo). El ángulo de apoyo de la conducción sobre la cama de apoyo se define como 120°.

Debido a las características propias de las conducciones corrugadas y sus singularidades en cuanto al cálculo mecánico se refiere, para el cálculo mecánico de la conducción de PVC corrugado 400 SN8 proyectada ha sido utilizado el programa informático "Cálculo Mecánico de Tuberías" versión 3.1 (Adequa-Uralita), desarrollado por la Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid (UPM). La normativa aplicada en dichos cálculos de comprobación es la normativa alemana ATV A127.



4.2.1. PVC Corrugado 400, SN 8; profundidade mínima
PARÁMETROS DE CÁLCULO
CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Saneamiento.
Material:	PVC CORRUGADO.
Clase de material:	SN-8.
Norma:	ATV A 127.
Diámetro normalizado:	400
Diámetro exterior:	400,0 mm.
Diámetro interior:	364,0 mm.
Espesor:	18,0 mm.
Módulo elasticidad Et:	2.000,0 N/mm ² .
Módulo elasticidad LP Et:	970,0 N/mm ² .
Peso específico GAMMA:	13,8 kN/m ³ .
Rotura flexotracción:	90,0 N/mm ² .
Rotura flexotracción 1/p:	50,0 N/mm ² .
Rigidez circunferencial específica:	8,0 kN/m ² .

CLASE DE SEGURIDAD:

<u>Coefficiente de seguridad clase A:</u>	
Frente a fallo por rotura:	2,5.
Frente a la inestabilidad:	2,5.
Deformación admisible a largo plazo:	6%.

CONDICIONES DE LA ZANJA:

Tipo de instalación:	Tipo 1: Instalación en zanja o terraplén.
Tipo de instalación (subtipo):	Zanja estrecha.
Altura del relleno (H):	1,4 m.
Anchura de la zanja (B):	1,0 m.
Ángulo del talud (BETA):	90,0 grados.

NIVEL FREÁTICO:

No existe nivel freático.

CARACTERÍSTICAS DEL APOYO:

Tipo de apoyo:	Tipo I: Apoyo sobre cama granular.
Ángulo de apoyo:	120,0 grados.
Relación de proyección:	1,0

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:
Zona1:

Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100,0%.
E1:	40,0 N/mm ² .
GAMMA 1:	20,0 kN/m ³ .
Ángulo rozamiento interno Ro:	35,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	23,33

Zona2:

Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	95,0%.
E2:	16,0 N/mm ² .
GAMMA 2:	20,0 kN/m ³ .
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,4

Zona3:

Tipo de suelo:	Grupo 2.
% Compactación:	100%.
E3:	20,0 N/mm ² .

Zona4:

Tipo de suelo:	Grupo 2.
% Compactación:	100%.
E4:	20,0 N/mm ² .

SOBRECARGAS VERTICALES (TRÁFICO):

Tipo de sobrecarga:	Concentrada.
Tipo de vehículo:	HT 60 (PESADO).
Número de ejes:	3
Distancia entre ejes:	2 m.
Distancia entre ruedas:	2 m.
Tipo de firme:	Normal.
Coefficiente (Fi):	1,2
Altura equivalente de tierras:	0,0 m.

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

Cargas debidas a la tierra:	
Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,75
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,75
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	21,02 kN/m2.
Cargas debidas al tráfico:	
Valor FA:	100
Valor FE:	500
Valor rA:	0,25
Valor rE:	1,82
Carga máx. de Boussinesq (Pf):	33,69 kN/m2.
Factor de corrección (af):	0,97
Carga vertical tráfico (P):	32,59 kN/m2.
Factor de impacto (FI):	1,2
Carga vertical mayorada (Pv):	39,11 kN/m2.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

Corrección E2:				
Relación B/D:	2,5000			
Coefficiente ALFA _{bi} :	0,6667			
Coefficiente ALFA _b :	0,8333			
Coefficiente f (HF=00,00):	1,0000			
Compactación Dpr:	95,0 %			
	Tensión	Def. c/p.	Def. l/p.	
Módulo corregido E2' (N/mm2):	13,3333	8,8889	8,8889	
Relación de rigidez:				
Rigidez del tubo Sr (N/mm2):	0,0640	0,0640	0,0310	
Factor de corrección TAU:	1,1663	1,3116	1,3116	
Rigidez horizontal SBH (N/mm2):	9,3300	6,9953	6,9953	
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0069	0,0091	0,0044	
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,4000	0,4000	0,4000	
Rigidez vert. relleno SBV:	13,3333	8,8889	8,8889	
Coef. reacción relleno lat. K*:	1,2263	1,1114	1,1860	
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0108	-0,0122	-0,0074	
Relación de rigidez Vs:	0,4437	0,5917	0,4721	
Valor Ch1 (2*alfa=120):	0,0891			
Valor Ch2 (2*alfa=120):	-0,0658			
Valor Cv1 (2*alfa=120):	-0,0893			
Valor Cv2 (2*alfa=120):	0,0640			
Factores de concentración:				
	Tensión	Def. c/p.	Def. l/p.	
Descarga relativa efectiva a':	3,0000	4,5000	4,5000	
Máximo factor de concentración:	1,4628	1,7099	1,7099	
Factor concentración LANDA _R :	0,9039	0,9785	0,9125	
Factor concentración LANDA _B :	1,0320	1,0072	1,0292	
Influencia de la anchura de la zanja:				
Factor concentración LANDA _{RG} :	0,9520	0,9893	0,9562	
Factor límite del factor de concentración:				
Límite superior LANDA _{f0} :	3,7900	3,7900	3,7900	
Límite inferior LANDA _{fu} :	0,3729	0,3729	0,3729	

CARGAS DE CÁLCULO:

	Tensión	Def. c/p.	Def. l/p.
Carga vertical sobre tubo Qvt:	59,1173	20,7940	59,2072
Componente carga relleno Qh:	10,2770	10,0679	10,2531
Componente carga deformación Qh*:	59,8912	11,9212	58,0586

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo I -> 2*alfa=120			
Momentos (kN*m/m)			
	Clave	Riñones	Base
Por carga vertical:	0,552	-0,560	0,581
Por carga horizontal:	-0,092	0,092	-0,092
Por reacción horizontal:	-0,388	0,445	-0,388
Por peso propio:	0,003	-0,004	0,005
Por peso del agua:	0,013	-0,015	0,018
Suma de momentos:	0,088	-0,042	0,124
Axiales (kN/m)			
	Clave	Riñones	Base
Por carga vertical:	0,302	-11,177	-0,302
Por carga horizontal:	-1,943	0,000	-1,943
Por reacción horizontal:	-6,534	0,000	-6,534
Por peso propio:	0,012	-0,074	-0,012
Por peso del agua:	0,223	0,077	0,492
Suma de axiales:	-7,940	-11,174	-8,299

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:

Cálculo de los factores de corrección por curvatura:			
Factor ALFA _{ki} :	1,0317		
Factor ALFA _{ka} :	0,9683		
Cálculo de tensiones:			
(Tensión de flexotracción en las condiciones de la instalación):			
Tensión en la clave:	3,0529 N/mm2.		
Tensión en los riñones:	0,1018 N/mm2.		
Tensión en la base:	4,8162 N/mm2.		
Cálculo de deformaciones:			
	Corto plazo	Largo plazo	
Variación del diámetro:	-0,7712	-4,4115	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,2039	1,1666	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	Corto plazo	Largo plazo	
Carga de tierras:			
Carga crítica de abolladura:	1,3382	0,9320	N/mm2.
Presión del agua exterior:			
Coefficiente ALFA _d :	10,6100	12,4741	
Presión del agua extrema:	0,0000	0,0000	N/mm2.
Valor crítico de Pa:	0,6790	0,0000	N/mm2.

VERIFICACIÓN:

Verificación de tensión:

	Coef. calculado	Coef. requerido
NU Clave:	29,4803	2,5000
NU Riñones:	884,2875	2,5000
NU Base	18,6869	2,5000

Verificación de la estabilidad:

	Coef. calculado		Coef. requerido
	Corto Plazo	Largo Plazo	
NU Carga tierras:	64,3556	15,7406	2,5000
NU Presión Agua externa:	0,0000	0,0000	2,5000
NU simultáneas:	64,3556	15,7406	2,5000

Verificación de deformación:

	Valor calculado		Valor requerido
	Corto Plazo	Largo plazo	
Acortamiento relativo:	0,2039	1,1666	6,0000

CONCLUSIÓN:

TUBO VÁLIDO.

4.2.2. PVC Corrugado 400, SN 8; profundidad máxima sin N.F.

PARÁMETROS DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Saneamiento.
Material:	PVC CORRUGADO.
Clase de material:	SN-8.
Norma:	ATVA 127.
Diámetro normalizado:	400
Diámetro exterior:	400,0 mm.
Diámetro interior:	364,0 mm.
Espesor:	18,0 mm.
Módulo elasticidad Et:	2.000,0 N/mm ² .
Módulo elasticidad LP Et:	970,0 N/mm ² .
Peso específico GAMMA:	13,8 kN/m ³ .
Rotura flexotracción:	90,0 N/mm ² .
Rotura flexotracción l/p:	50,0 N/mm ² .
Rigidez circunferencial específica:	8,0 kN/m ² .

CLASE DE SEGURIDAD:

<u>Coefficiente de seguridad clase A:</u>	
Frente a fallo por rotura:	2,5.
Frente a la inestabilidad:	2,5.
Deformación admisible a largo plazo:	6%.

CONDICIONES DE LA ZANJA:

Tipo de instalación:	Tipo 1: Instalación en zanja o terraplén.
Tipo de instalación (subtipo):	Zanja estrecha.
Altura del relleno (H):	7,3 m.
Anchura de la zanja (B):	1,0 m.
Ángulo del talud (BETA):	90,0 grados.

NIVEL FREÁTICO:

No existe nivel freático.

CARACTERÍSTICAS DEL APOYO:

Tipo de apoyo:	Tipo I: Apoyo sobre cama granular.
Ángulo de apoyo:	120,0 grados.
Relación de proyección:	1,0



CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:

Zona1:	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100,0%.
E1:	40,0 N/mm ² .
GAMMA 1:	20,0 kN/m ³ .
Ángulo rozamiento interno Ro:	35,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	23,33
Zona2:	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	95,0%.
E2:	16,0 N/mm ² .
GAMMA 2:	20,0 kN/m ³ .
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,4
Zona3:	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100%.
E3:	40,0 N/mm ² .
Zona4:	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100%.
E4:	40,0 N/mm ² .

SOBRECARGAS VERTICALES (TRÁFICO):

Tipo de sobrecarga:	Concentrada.
Tipo de vehículo:	HT 60 (PESADO).
Número de ejes:	3
Distancia entre ejes:	2 m.
Distancia entre ruedas:	2 m.
Tipo de firme:	Normal.
Coefficiente (Fi):	1,2
Altura equivalente de tierras:	0,0 m.

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

Cargas debidas a la tierra:	
Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,3
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,3
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	44,38 kN/m ² .
Cargas debidas al tráfico:	
Valor FA:	100
Valor FE:	500
Valor rA:	0,25
Valor rE:	1,82
Carga máx. de Boussinesq (Pf):	4,75 kN/m ² .
Factor de corrección (af):	1,0
Carga vertical tráfico (P):	4,75 kN/m ² .
Factor de impacto (FI):	1,2
Carga vertical mayorada (Pv):	5,7 kN/m ² .

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

Corrección E2:			
Relación B/D:	2,5000		
Coefficiente ALFA_bi:	0,6667		
Coefficiente ALFA_b:	0,8333		
Coefficiente f (HF=00,00):	1,0000		
Compactación Dpr:	95,0 %		
	Tensión	Def. c/p	Def. l/p
Módulo corregido E2' (N/mm ²):	13,3333	8,8889	8,8889
Relación de rigidez:			
Rigidez del tubo Sr (N/mm ²):	0,0640	0,0640	0,0310
Factor de corrección TAU:	1,3988	1,4984	1,4984
Rigidez horizontal SBH (N/mm ²):	11,1904	7,9915	7,9915
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0057	0,0080	0,0039
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,4000	0,4000	0,4000
Rigidez vert. relleno SBV:	13,3333	8,8889	8,8889
Coef. reacción relleno lat. K*:	1,2458	1,1286	1,1954
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0096	-0,0111	-0,0068
Relación de rigidez Vs:	0,5017	0,6504	0,5139
Valor Ch1 (2*alfa=120):	0,0891		
Valor Ch2 (2*alfa=120):	-0,0658		
Valor Cv1 (2*alfa=120):	-0,0893		
Valor Cv2 (2*alfa=120):	0,0640		
Factores de concentración:			
	Tensión	Def. c/p	Def. l/p
Descarga relativa efectiva a':	3,0000	4,5000	4,5000
Máximo factor de concentración	2,1158	2,7087	2,7087
Factor concentración LANDA_R:	0,9093	1,0096	0,9191
Factor concentración LANDA_B:	1,0302	0,9968	1,0270
Influencia de la anchura de la zanja:			
Factor concentración LANDA_RG:	0,9547	1,0048	0,9596
Factor limite del factor de concentración:			
Limite superior LANDA_f0:	2,9050	2,9050	2,9050
Limite inferior LANDA_fu:	0,0783	0,0783	0,0783

CARGAS DE CÁLCULO:

	Tensión	Def. c/p.	Def. l/p.
Carga vertical sobre tubo Qvt:	48,0676	44,5946	48,2847
Componente carga relleno Qh:	19,8894	19,2963	19,8315
Componente carga deformación Qh*:	35,1050	28,5515	34,0128

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo I -> 2*alfa=120			
Momentos (kN*m/m)	Clave	Riñones	Base
Por carga vertical:	0,448	-0,455	0,473
Por carga horizontal:	-0,178	0,178	-0,178
Por reacción horizontal:	-0,227	0,261	-0,227
Por peso propio:	0,003	-0,004	0,005
Por peso del agua:	0,013	-0,015	0,018
Suma de momentos:	0,060	-0,035	0,090
Axiales (kN/m)	Clave	Riñones	Base
Por carga vertical:	0,245	-9,088	-0,245
Por carga horizontal:	-3,760	0,000	-3,760
Por reacción horizontal:	-3,830	0,000	-3,830
Por peso propio:	0,012	-0,074	-0,012
Por peso del agua:	0,223	0,077	0,492
Suma de axiales:	-7,110	-9,085	-7,356

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:
Cálculo de los factores de corrección por curvatura:

Factor ALFA_ka:	1,0317
Factor ALFA_kb:	0,9683

Cálculo de tensiones:

(Tensión de flexotracción en las condiciones de la instalación):

Tensión en la clave:	1,7355 N/mm ² .
Tensión en los riñones:	0,0101 N/mm ² .
Tensión en la base:	3,2353 N/mm ² .

Cálculo de deformaciones:

	Corto plazo	Largo plazo	
Variación del diámetro:	-1,6546	-2,3553	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,4376	0,6229	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	Corto plazo	Largo plazo	
Carga de tierras:			
Carga crítica de abolladura:	1,4303	0,9961	N/mm ² .
Presión del agua exterior:			
Coefficiente ALFA_d:	10,9200	12,7943	
Presión del agua extrema:	0,0000	0,0000	N/mm ² .
Valor crítico de Pa:	0,6989	0,0000	N/mm ² .

VERIFICACIÓN:
Verificación de tensión:

 NU Clave:
 NU Riñones:
 NU Base

	Coef. calculado	Coef. requerido
Corto Plazo		
51,8577		2,5000
8,891,2352		2,5000
27,8178		2,5000

Verificación de la estabilidad:

 NU Carga tierras:
 NU Presión Agua externa:
 NU simultáneas:

	Coef. calculado	Coef. requerido
Corto Plazo		
32,0739	20,6298	2,5000
0,0000	0,0000	2,5000
32,0739	20,6298	2,5000

Verificación de deformación:

Acortamiento relativo:

	Valor calculado	Valor requerido
Corto Plazo		
0,4376	0,6229	6,0000

CONCLUSIÓN:
TUBO VÁLIDO.


4.2.3. PVC Corrugado 400, SN 8; profundidade máxima con N.F.
PARÁMETROS DE CÁLCULO
CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Saneamiento.
Material:	PVC CORRUGADO.
Clase de material:	SN-8.
Norma:	ATV A 127.
Diámetro normalizado:	400
Diámetro exterior:	400,0 mm.
Diámetro interior:	364,0 mm.
Espesor:	18,0 mm.
Módulo elasticidad Et:	2.000,0 N/mm ² .
Módulo elasticidad LP Et:	970,0 N/mm ² .
Peso específico GAMMA:	13,8 kN/m ³ .
Rotura flexotracción:	90,0 N/mm ² .
Rotura flexotracción l/p:	50,0 N/mm ² .
Rigidez circunferencial específica:	8,0 kN/m ² .

CLASE DE SEGURIDAD:

<u>Coefficiente de seguridad clase A:</u>	
Frente a fallo por rotura:	2,5.
Frente a la inestabilidad:	2,5.
Deformación admisible a largo plazo:	6%.

CONDICIONES DE LA ZANJA:

Tipo de instalación:	Tipo 1: Instalación en zanja o terraplén.
Tipo de instalación (subtipo):	Zanja estrecha.
Altura del relleno (H):	7,3 m.
Anchura de la zanja (B):	1,0 m.
Ángulo del talud (BETA):	90,0 grados.

NIVEL FREÁTICO:

Altura nivel freático:	5,0 m.
------------------------	--------

CARACTERÍSTICAS DEL APOYO:

Tipo de apoyo:	Tipo I: Apoyo sobre cama granular.
Ángulo de apoyo:	120,0 grados.
Relación de proyección:	1,0

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:

<u>Zona1:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100,0%.
E1:	40,0 N/mm ² .
GAMMA 1:	20,0 kN/m ³ .
Ángulo rozamiento interno Ro:	35,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	23,33
<u>Zona2:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	95,0%.
E2:	16,0 N/mm ² .
GAMMA 2:	20,0 kN/m ³ .
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,4
<u>Zona3:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100%.
E3:	40,0 N/mm ² .
<u>Zona4:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	100%.
E4:	40,0 N/mm ² .

SOBRECARGAS VERTICALES (TRÁFICO):

Tipo de sobrecarga:	Concentrada.
Tipo de vehículo:	HT 60 (PESADO).
Número de ejes:	3
Distancia entre ejes:	2 m.
Distancia entre ruedas:	2 m.
Tipo de firme:	Normal.
Coefficiente (Fi):	1,2
Altura equivalente de tierras:	0,0 m.

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

Cargas debidas a la tierra:	
Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,3
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,3
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	44,38 kN/m2.
Cargas debidas al tráfico:	
Valor FA:	100
Valor FE:	500
Valor rA:	0,25
Valor rE:	1,82
Carga máx. de Boussinesq (Pf):	4,75 kN/m2.
Factor de corrección (af):	1,0
Carga vertical tráfico (P):	4,75 kN/m2.
Factor de impacto (FI):	1,2
Carga vertical mayorada (Pv):	5,7 kN/m2.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

Corrección E2:				
Relación B/D:	2,5000			
Coefficiente ALFA_bi:	0,6667			
Coefficiente ALFA_b:	0,8333			
Coefficiente f (HF=05,00):	1,0000			
Compactación Dpr:	95,0 %			
Módulo corregido E2' (N/mm2):	13,3333	Tensión	Def. c/p	Def. l/p
Relación de rigidez:				
Rigidez del tubo Sr (N/mm2):	0,0640	0,0640	0,0310	
Factor de corrección TAU:	1,3988	1,4984	1,4984	
Rigidez horizontal SBH (N/mm2):	11,1904	7,9915	7,9915	
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0057	0,0080	0,0039	
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,4000	0,4000	0,4000	
Rigidez vert. relleno SBV:	13,3333	8,8889	8,8889	
Coef. reacción relleno lat. K*:	1,2458	1,1286	1,1954	
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0096	-0,0111	-0,0068	
Relación de rigidez Vs:	0,5017	0,6504	0,5139	
Valor Ch1 (2*alfa=120):	0,0891			
Valor Ch2 (2*alfa=120):	-0,0658			
Valor Cv1 (2*alfa=120):	-0,0893			
Valor Cv2 (2*alfa=120):	0,0640			
Factores de concentración:				
Descarga relativa efectiva a':	3,0000	4,5000	4,5000	
Máximo factor de concentración	2,1158	2,7087	2,7087	
Factor concentración LANDA_R:	0,9093	1,0096	0,9191	
Factor concentración LANDA_B:	1,0302	0,9968	1,0270	
Influencia de la anchura de la zanja:				
Factor concentración LANDA_RG:	0,9547	1,0048	0,9596	
Factor límite del factor de concentración:				
Límite superior LANDA_f0:	2,9050	2,9050	2,9050	
Límite inferior LANDA_fu:	0,0783	0,0783	0,0783	

CARGAS DE CÁLCULO:

	Tensión	Def. c/p	Def. l/p
Carga vertical sobre tubo Qvt:	48,0676	44,5946	48,2847
Componente carga relleno Qh:	19,8894	19,2963	19,8315
Componente carga deformación Qh*:	35,1050	28,5515	34,0128

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo I -> 2*alfa=120			
Momentos (kN*m/m)			
	Clave	Riñones	Base
Por carga vertical:	0,448	-0,455	0,473
Por carga horizontal:	-0,178	0,178	-0,178
Por reacción horizontal:	-0,227	0,261	-0,227
Por peso propio:	0,003	-0,004	0,005
Por peso del agua:	0,013	-0,015	0,018
Suma de momentos:	0,060	-0,035	0,090
Axiales (kN/m)			
	Clave	Riñones	Base
Por carga vertical:	0,245	-9,088	-0,245
Por carga horizontal:	-3,760	0,000	-3,760
Por reacción horizontal:	-3,830	0,000	-3,830
Por peso propio:	0,012	-0,074	-0,012
Por peso del agua:	0,223	0,077	0,492
Suma de axiales:	-7,110	-9,085	-7,356

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:

Cálculo de los factores de corrección por curvatura:			
Factor ALFA_ki:	1,0317		
Factor ALFA_ka:	0,9683		
Cálculo de tensiones:			
(Tensión de flexotracción en las condiciones de la instalación):			
Tensión en la clave:	1,7355 N/mm2.		
Tensión en los riñones:	0,0101 N/mm2.		
Tensión en la base:	3,2353 N/mm2.		
Cálculo de deformaciones:			
	Corto plazo	Largo plazo	
Variación del diámetro:	-1,6546	-2,3553	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,4376	0,6229	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	Corto plazo	Largo plazo	
Carga de tierras:			
Carga crítica de abolladura:	1,4303	0,9961	N/mm2.
Presión del agua exterior:			
Coefficiente ALFA_d:	10,9200	12,7943	
Presión del agua extrema:	0,0250		N/mm2.
Valor crítico de Pa:	0,6989	0,3971	N/mm2.

VERIFICACIÓN:

Verificación de tensión:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
NU Clave:	Corto Plazo		2,5000
NU Riñones:	51,8577		2,5000
NU Base:	8,891,2352		2,5000
	27,8178		2,5000

Verificación de la estabilidad:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
NU Carga tierras:	Corto Plazo	Largo Plazo	2,5000
NU Presión Agua externa:	32,0739	20,6298	2,5000
NU simultáneas:	27,9552	15,8854	2,5000
	14,9366	8,9747	2,5000

Verificación de deformación:

	<u>Valor calculado</u>		<u>Valor requerido</u>
Acortamiento relativo:	Corto Plazo	Largo plazo	6,0000
	0,4376	0,6229	

CONCLUSIÓN:

TUBO VÁLIDO.

5. CÁLCULOS MECÁNICOS EN TUBERÍAS DE PRFV

5.1. MÉTODO DE COMPROBACIÓN

El Manual de Diseño de Tuberías de PRFV M-45 de AWWA presenta el análisis del comportamiento de un tubo de PRFV, a partir de las condiciones de funcionamiento e instalación dadas. Utilizando el método AWWA, puede establecerse la rigidez del tubo mínima necesaria a partir de la resistencia a la deflexión. Posteriormente el método permite establecer cuál es la capacidad de resistencia al colapsamiento de la combinación suelo/tubería seleccionada.

El Manual M-45 define el concepto de carga combinada para considerar las capacidades del conjunto cuando la tubería trabaja a presión estando enterrada a la profundidad especificada.

El método de cálculo puede resumirse brevemente en los siguientes pasos:

1. Determinar las cargas del suelo que actúan sobre la tubería a la profundidad de instalación.
2. Determinar las cargas debidas al tránsito que actúan sobre la tubería a la profundidad de instalación.
3. Calcular las deflexiones previstas de la tubería:
 - 3.1 Comparar con la deflexión máxima admisible para verificar que la deflexión prevista es inferior a la máxima admisible.
 - 3.2 Utilizar la deflexión máxima admisible en todos los cálculos posteriores.
4. Verificar que la presión de trabajo es igual o inferior al PN.
5. Verificar que la sobrepresión por golpe de ariete está dentro de los límites admisibles (máximo de 1,4 × PN).
6. Calcular el alargamiento unitario debido a la tensión circunferencial, a la presión de trabajo.
7. Calcular el alargamiento unitario debido a la flexión (a la deflexión máxima admisible).
8. Calcular el alargamiento unitario "redondeado" debido a la flexión:
 - 8.1 "Redondeado" a partir de la deflexión máxima admisible.
9. Verificar si se cumplen las condiciones de carga combinada:
 - 9.1 Para la presión influenciada por la flexión.
 - 9.2 Para la flexión influenciada por la presión.
10. Calcular la presión crítica de colapsamiento a la profundidad de instalación.
11. Verificar que se cumple el factor de seguridad para el colapsamiento:
 - 11.1 Para las condiciones con vacío.
 - 11.2 Para las condiciones con tráfico.

La comprobación mecánica de los tubos de PRFV se ha realizado con la ayuda del programa de cálculo de tuberías de PRFV de AseTUB, desarrollado por Flowtite Technology y realizado por la ingeniería alemana INGSOFT, basado en el método de cálculo mecánico recogido en el manual americano AWWA M-45.

5.2. PROCESO DE CÁLCULO SEGÚN EL M-45

Carga del Suelo

$$\frac{\Delta y}{D} = \frac{K_x \times (W_L + D_L \times W_C)}{8 \times SN + 0,061 \times E'_b \times S_c} \times 100$$

$$W_c = \gamma_s \times h$$

- W_c = Carga del Suelo (N/m²)
- γ_s = Densidad del Suelo (N/m³)
- h = Profundidad de instalación (m)

Tomando las profundidades correspondientes a cada tramo de tubería y la densidad característica del suelo se obtienen para cada caso:

- W_c (N/m²) para la profundidad mínima.
- W_c (N/m²) para la profundidad máxima.

Hay que destacar que la carga sobre el tubo se toma sin tener en cuenta el efecto arco que disminuiría las cargas sobre el mismo. Tampoco se toman en cuenta los rozamientos existentes entre el prisma de suelo existente encima del tubo y las paredes circundantes a dicho prisma. Con todo ello se obtiene una carga mayor de la que se obtendría teniendo en cuenta los fenómenos citados.

Carga de Tráfico

$$W_L = \frac{P \times I_f}{L1 \times L2}$$

- Carga en el ancho paralelo a la dirección de avance.
 $L1 = 0,253 + 1,75 \times h$
- Carga en el ancho perpendicular a la dirección de avance.

Para $h < 0,756$ m

$$L2 = 0,509 + 1,75 \times h$$

Para $h \geq 0,756$ m

$$L2 = \frac{(13,31 + 1,75 \times h)}{8}$$

W_L = Carga de tráfico (N/m²)

$L1$ = Ancho paralelo (m)

$L2$ = Ancho perpendicular (m)

P = Carga por rueda (N)

I_f = Factor de impacto

= 1,0 para $h \geq 0,91$

= 1,1 para $h < 0,91$

Teniendo en cuenta las profundidades mínima y máxima y la carga por rueda de 100.000 N obtendremos los valores de $L1$, $L2$ y W_L para cada profundidad.

Deflexión

La fórmula que permite obtener la predicción de la deflexión a largo plazo es la de Spangler o de Iowa:

- $\frac{\Delta y}{D}$ = Deflexión a largo plazo (50 años) (%).

- SN = Rigidez (N/m²).
- E'_b = Módulo del relleno (N/m²).
- D_L = Factor de retardo de la deflexión.

- S_c = Factor combinado de soporte del suelo, función del diámetro y del ancho de zanja.
- K_x = Coeficiente del soporte del lecho.

Esta fórmula se obtiene el valor de la deflexión prevista a los 50 años mediante la introducción de una serie de características propias de la instalación y de la tubería. Esta ecuación viene a correlacionar las cargas presentes debidas a la profundidad de instalación y el tráfico (numerador), con las rigideces que actúan en el conjunto tubería y tipo de instalación (denominador).

Todos estos parámetros vienen afectados además por las características de la instalación adoptada, a través de los factores E'_b , D_L , S_c y K_x .

Los resultados obtenidos con la fórmula de Spangler deben verificar que la deflexión obtenida a largo plazo sea inferior al 5% como deflexión máxima admisible.

Así debe verificarse que:

$$\frac{\Delta y}{D} \leq \frac{\Delta y_a}{D}$$

$\frac{\Delta y_a}{D}$ = Máxima deflexión admisible (5%).

Presión de Trabajo

$$P_w \leq PN$$

- PN = Presión nominal (1 bar)

Se ha considerado la presión de trabajo igual a 0 bar, debido a las características del sistema: salida del agua del T.T. por gravedad.

Se verifica por tanto que la presión de trabajo es inferior o igual a la nominal.

Presión Debida al Golpe de Ariete

No se considera presión debida al golpe de ariete

Alargamiento Unitario Debido a la Presión

$$\varepsilon_{pr} = \frac{P_w \times (OD - t_f)}{2 \times E_H \times t} \times 100$$

- P_w = Presión de trabajo - bar \times 100.000 (MPa)
- OD = Diámetro exterior del tubo (mm)
- t_f = Espesor del tubo (mm)
- E_H = Módulo en tensión circunferencial (Mpa)
- t = Espesor de la capa de refuerzo (mm)
- ε_{pr} = Alargamiento unitario debido a la presión (%)

Se verifica que el alargamiento unitario debido a la presión es menor que la capacidad máxima del tubo.

Alargamiento Unitario en Flexión a la Deflexión Máxima Admisible

$$\varepsilon_{b\max} = \frac{D_f \times t_f \times \frac{\Delta y_a}{D}}{OD - t_f}$$

- D_f = Factor de forma función de la rigidez y de la instalación (adimensional)
- $\frac{\Delta y_a}{D}$ = Deflexión máxima admisible a largo plazo (5%)



- t_t = Espesor del tubo (mm)
- OD = Diámetro exterior del tubo (mm)
- ε_{bmax} = Alargamiento unitario debido a la flexión en la deflexión máxima (%)

Se verifica que el alargamiento unitario debido a la flexión es menor que la capacidad máxima del tubo.

Alargamiento Unitario Debido a la Flexión Redondeado

El efecto de la presión introduce una corrección de la deflexión que se expresa como sigue:

$$\varepsilon_b = r_c \times \varepsilon_{bmax}$$

r_c = Coeficiente de redondeo (adimensional)

$$r_c = 1 - \frac{P_w}{30}$$

Carga Combinada

a) Presión influenciada por la flexión:

$$\frac{\varepsilon_{pr}}{HDB} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_b}{S_b}}{1.8}$$

b) Flexión influenciada por la presión:

$$\frac{\varepsilon_b}{S_b} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_{pr}}{HDB}}{1.5}$$

- HDB = Base Hidrostática de Diseño
- ε_b = Alargamiento unitario redondeado debido a la flexión (%)
- ε_{pr} = Alargamiento unitario debido a la presión (%)
- S_b = Alargamiento unitario debido a la flexión a largo plazo

Se verifican las dos desigualdades al mismo tiempo con lo cual se cumplen los criterios de carga combinada. Hay que tener en cuenta además que este criterio se verifica suponiendo que la deflexión a largo plazo alcanzada es la máxima del 5% y no la que se obtiene del cálculo anterior mediante la fórmula de Spangler (los valores para la HDB y la S_b son valores a los 50 años).

- 1,8 es el factor de seguridad mínimo para la presión
- 1,5 es el factor de seguridad mínimo para la flexión.

Presión Crítica de Colapsamiento

En este apartado se pretende obtener la capacidad máxima de resistencia al colapsamiento (Presión Crítica de Colapsamiento) y compararla con las acciones exteriores para verificar que existe un factor de seguridad mínimo de 2,5 según indica el manual AWWA M-45.

Tal como puede observarse en la fórmula de cálculo de la presión crítica de colapsamiento, ésta depende tanto de la rigidez del tubo como de la instalación realizada. Así mismo también tiene su influencia la presencia o no de nivel freático.

$$q_a = \sqrt{32 \times R_w \times B' \times SN \times E'_b \times S_c}$$

- q_a = Presión crítica de colapsamiento (N/m²)
- E'_b = Módulo del relleno (N/m²)

- S_c = Factor combinado de soporte del suelo (adimensional)
- R_w = Factor de flotabilidad en agua (adimensional)

$$R_w = 1 - 0,33 \times \frac{h - h_w}{h} \quad (h_w < h)$$

- h = Profundidad de instalación (m)
- h_w = Profundidad del nivel freático desde la superficie del suelo (m)
- B' = Coeficiente de soporte elástico (adimensional)

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \times e^{-0.213h}}$$

Factores de Seguridad en el Colapsamiento

La presión de colapsamiento que actúe sobre el tubo debe ser tal que el coeficiente de seguridad FS mínimo sea de 2,5. Por tanto debe verificarse la ecuación siguiente:

$$\frac{q_a}{q} \geq FS$$

- q = Presión real de colapsamiento (N/m²)
- q_a = Presión de colapsamiento crítica (N/m²)
- FS = 2,5 es el factor de seguridad mínimo

La presión real de colapsamiento tiene dos posibles supuestos según las ecuaciones siguientes:

(Con tráfico) $q_{tra} = R_w \times W_c + W_w + W_L$

(Con vacío) $q_v = R_w \times W_c + W_w + P_v$

- W_c = Cargas del suelo (N/m²)
- W_w = Carga de agua (N/m²)
= 9800 × (h - h_w) (N/m²)
- P_v = Carga de vacío (N/m²)
- W_L = Cargas de tráfico (N/m²)

Deben verificarse por tanto dos casos:

$$\frac{q_a}{q_v} \geq FS_1$$

$$\frac{q_a}{q_{tra}} \geq FS_2$$



5.3. CÁLCULO MECÁNICO PROYECTO

Se realiza el cálculo mecánico para los casos particulares de la conducción de PRFV, analizando los casos más desfavorables de la tubería instalada, ya sea debido a las cargas de tráfico actuante como por la profundidad a la que se dispone u otros factores. El ángulo de apoyo de la conducción sobre la cama de apoyo se define como 180°, y la profundidad del nivel freático se estima adoptando los valores más desfavorables para el cálculo mecánico según análisis realizados (como el estudio geotécnico).

5.3.1. Tubería PRFV 500, SN 10.000, PN 1

1.1 Entrada de datos

Suposiciones:	-
Conclusiones:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN500
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rigidez nominal:	SN 10000 [N/m ²]
Diámetro nominal:	DN 500 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	530	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	9,6	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	11,1	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	7.820,6	N/mm ²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	2,1	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	1,1	m
Nivel freático:	No		
Anchura de zanja:	B _d	1,1	m

Tipo de relleno: SC2: Suelos de partículas gruesas, < 12% finos
95 PN

Compactación de relleno:			
Peso unitario del material de relleno:		18,8	kN/m ³
Peso específico por debajo del nivel freático:		11,5	kN/m ³

Material de relleno de la zona de la tubería y compactación: Arena; compactación: moderada a alta
Tipo de suelo natural: Granular
Suelo natural (granular): Compacto (15 - 30 golpes/0,3m)
Lecho de zanja: Soporte del lecho inconsistente (Kx = 0,1)

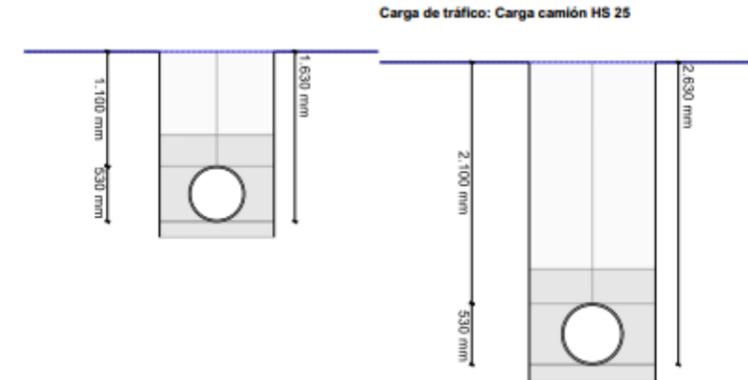
1.2.2 Parámetros de carga

Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar

Carga de tráfico: Carga camión HS 25

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coefficiente de deflexión estándar / factor de retardo:	Si
Deflexión estándar admisible (5%):	Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo: D 520,47 mm

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _r	4,5	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Altura de recubrimiento	H	1,10	2,10	m
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W _c	20,68	39,48	kN/m ²
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W _c '	20,68	39,48	kN/m ²

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico:		Carga camión HS 25		
		a la profundidad mínima		
		a la profundidad máxima		
Factor de impacto	I _r	1,18	1,05	[-]

Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad LLDF de relleno		1,15	1,15	[-]
Longitud de la huella del neumático	t_t	254	254	mm
Anchura de carga paralela a la dirección de circulación	L_1	1,52	2,67	m
Ancho de la huella del neumático	t_w	508	508	mm
Profundidad a la cual interactúa la carga de las ruedas	h_{int}	1,1	1,1	m
Anchura de carga perpendicular a la dirección de circulación	L_2	1,77	2,38	m
Carga de rueda en superficie	P	89,0	89,0	kN
Carga de tráfico en superficie	W_L	46,84	17,61	kN/m ²

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	15,85	18,30	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	34,47	34,47	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	1,32	1,24	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	20,90	22,78	N/mm ²

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de la deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	0,6	0,5	%
Deflexión admisible	δ_d/D	5,00	5,00	%

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	FS	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	κ_u'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	R_h'	0,99	1,01	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	665,38	719,02	kN/m ²
Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	0,00	0,00	m
Factor de fotabilidad	R_W	1,00	1,00	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	20,68	39,48	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Presión de colapsamiento, Nivel freático + suelo + tráfico q_w 67,52 57,09 kN/m²

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



5.3.2. Tubería PRFV 600 SN 10.000 PN; COLECTOR 1

1.1 Entrada de datos

Suposicións:	-
Conclusiones:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN600
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rígidez nominal:	SN 10000 [N/m ²]
Diámetro nominal:	DN 600 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	617	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	10,9	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	12,4	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	8.551,1	N/mm ²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	5,1	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	1,0	m
Nivel freático:	Si		
Profundidad del nivel freático:	H _{max}	3,0	m
Profundidad del nivel freático:	H _{Wmin}	0,0	m
Anchura de zanja:	B _d	1,2	m
Tipo de relleno:	SC2: Suelos de partículas gruesas, < 12% finos		
Compactación de relleno:	95 PN		
Peso unitario del material de relleno:		18,8	kN/m ³
Peso específico por debajo del nivel freático:		11,5	kN/m ³
Material de relleno de la zona de la tubería y compactación:	Arena; compactación: moderada a alta		
Tipo de suelo natural:	Granular		
Suelo natural (granular):	Compacto (15 - 30 golpes/0,3m)		
Lecho de zanja:	Soporte del lecho inconsistente (K _x = 0,1)		

1.2.2 Parámetros de carga

Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar

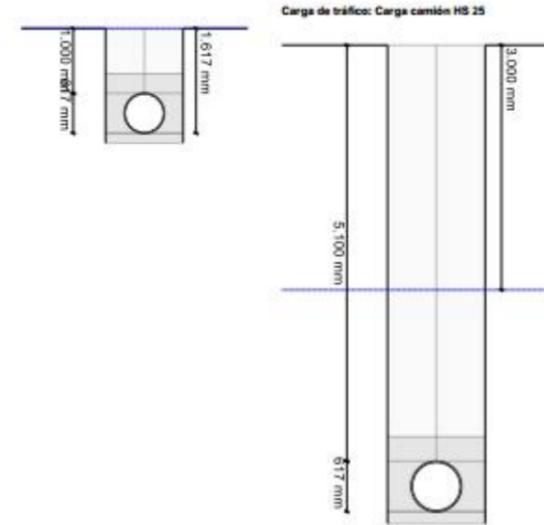
Carga de tráfico: Carga camión HS 25

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coefficiente de deflexión estándar / factor de retardo: Si

Deflexión estándar admisible (5%):

Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo: D 606,06 mm

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _r	4,5	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Altura de recubrimiento	H	1,00	5,10	m
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W _c	18,80	95,88	kN/m ²
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W _{c'}	11,50	80,55	kN/m ²

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico: Carga camión HS 25 a la profundidad mínima a la profundidad máxima

Factor de impacto	I_f	1,19	1,00	[-]
Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad de relleno	LLDF	1,15	1,15	[-]
Longitud de la huella del neumático	t_l	254	254	mm
Anchura de carga paralela a la dirección de circulación	L_1	1,40	6,12	m
Ancho de la huella del neumático	t_w	508	508	mm
Profundidad a la cual interactúa la carga de las ruedas	h_{int}	1,1	1,1	m
Anchura de carga perpendicular a la dirección de circulación	L_2	1,66	4,10	m
Carga de rueda en superficie	P	89,0	89,0	kN
Carga de tráfico en superficie	W_L	54,81	4,26	kN/m ²

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	14,48	21,22	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	34,47	34,47	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	1,40	1,18	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	20,31	25,12	N/mm ²

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de la deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	0,6	0,9	%
Deflexión admisible	δ_d/D	5,00	5,00	%

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	FS	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	κ_u'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	R_h'	0,98	1,03	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	645,29	776,56	kN/m ²
Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	1,00	2,10	m
Factor de fiabilidad	R_W	0,67	0,86	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	22,40	103,43	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la

presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Presión de colapsamiento, Nivel freático + suelo + tráfico q_w 77,21 107,69 kN/m²

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



5.3.3. Tubería PRFV 600 SN 10.000 PN; COLECTOR1 EN TRAMO DE ACERA

1.1 Entrada de datos

Suposicións:	-
Conclusiones:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN600
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rigidez nominal:	SN 10000 [N/m²]
Diámetro nominal:	DN 600 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	617	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	10,9	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	12,4	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	8.551,1	N/mm²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	1,0	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	0,4	m
Nivel freático:	No		
Anchura de zanja:	B _d	1,2	m

Tipo de relleno:	SC2: Suelos de partículas gruesas, < 12% finos
Compactación de relleno:	95 PN

Peso unitario del material de relleno:	18,8	kN/m³
Peso específico por debajo del nivel freático:	11,5	kN/m³

Material de relleno de la zona de la tubería y compactación:	Arena; compactación: moderada a alta
Tipo de suelo natural:	Granular
Suelo natural (granular):	Compacto (15 - 30 golpes/0,3m)
Lecho de zanja:	Soporte del lecho inconsistente (K _x = 0,1)

1.2.2 Parámetros de carga

Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar

Carga de tráfico: Sin carga de tráfico

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coefficiente de deflexión estándar / factor de retardo:	Si
Deflexión estándar admisible (5%):	Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo:	D	606,06	mm
--------------------------	---	--------	----

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _r	4,5	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

		a la profundidad mínima		a la profundidad máxima	
Altura de recubrimiento	H	0,35	1,00	m	
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W _c	6,58	18,80	kN/m²	
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W _{c'}	6,58	18,80	kN/m²	

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico:		Sin carga de tráfico			
		a la profundidad mínima		a la profundidad máxima	
Carga de tráfico en superficie	W _L	0,00	0,00	kN/m²	

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	13,80	15,57	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	34,47	34,47	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	1,43	1,37	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	19,69	21,29	N/mm ²

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y trafico no es relevante en este caso.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y trafico no es relevante en este caso.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de laa deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	0,1	0,2	%
Deflexión admisible	$\delta d/D$	5,00	5,00	%

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	FS	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	κ_u'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	R_h'	0,90	0,98	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	576,25	665,91	kN/m ²
Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	0,00	0,00	m
Factor de fotabilidad	R_W	1,00	1,00	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	6,58	18,80	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima



5.3.4. Tubería PRFV 600 SN 10.000 PN; INTERCEPTOR SUEVOS

1.1 Entrada de datos

Suposicións:	-
Conclusiones:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN600
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rigidez nominal:	SN 10000 [N/m ²]
Diámetro nominal:	DN 600 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	617	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	10,9	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	12,4	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	8.551,1	N/mm ²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	2,0	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	1,0	m
Nivel freático:	No		
Anchura de zanja:	B _d	1,2	m
Tipo de relleno:	SC2: Suelos de partículas gruesas, < 12% finos		
Compactación de relleno:	95 PN		
Peso unitario del material de relleno:		18,8	kN/m ³
Peso específico por debajo del nivel freático:		11,5	kN/m ³
Material de relleno de la zona de la tubería y compactación:	Arena; compactación: moderada a alta		
Tipo de suelo natural:	Granular		
Suelo natural (granular):	Compacto (15 - 30 golpes/0,3m)		
Lecho de zanja:	Soporte del lecho inconsistente (K _x = 0,1)		

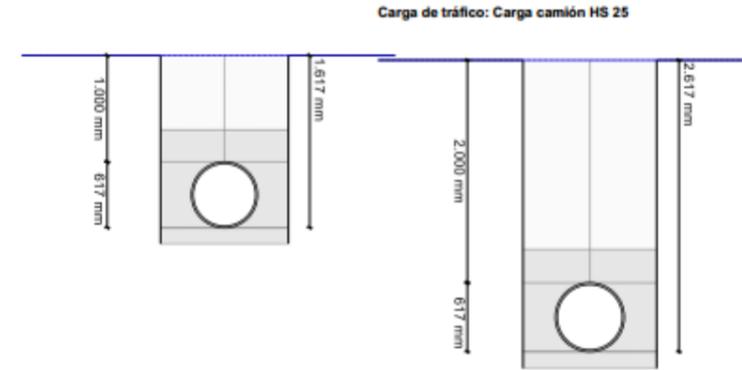
1.2.2 Parámetros de carga

Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar

Carga de tráfico: Carga camión HS 25

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coefficiente de deflexión estándar / factor de retardo:	Si
Deflexión estándar admisible (5%):	Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo: D 606,06 mm

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _r	4,5	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Altura de recubrimiento	H	1,00	2,00	m
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W _c	18,80	37,60	kN/m ²
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W _{c'}	18,80	37,60	kN/m ²

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico:	Carga camión HS 25			
		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor de impacto	I _r	1,19	1,06	[-]

Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad LLDf de relleno		1,15	1,15	[-]
Longitud de la huella del neumático	t_l	254	254	mm
Anchura de carga paralela a la dirección de circulación	L_1	1,40	2,55	m
Ancho de la huella del neumático	t_w	508	508	mm
Profundidad a la cual interactúa la carga de las ruedas	h_{int}	1,1	1,1	m
Anchura de carga perpendicular a la dirección de circulación	L_2	1,66	2,32	m
Carga de rueda en superficie	P	89,0	89,0	kN
Carga de tráfico en superficie	W_L	54,81	19,11	kN/m ²

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	15,57	18,15	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	34,47	34,47	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	1,37	1,28	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	21,29	23,32	N/mm ²

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de la deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	0,6	0,5	%
Deflexión admisible	δ_d/D	5,00	5,00	%

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	FS	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	κ_u'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	$R_{h'}$	0,98	1,01	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	665,91	726,93	kN/m ²
Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	0,00	0,00	m
Factor de fotabilidad	R_{VW}	1,00	1,00	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	18,80	37,60	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Presión de colapsamiento, Nivel freático + suelo + tráfico q_w 73,61 56,71 kN/m²

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



5.3.5. Tubería PRFV 800 SN 10.000 PN 1

1.1 Entrada de datos

Suposicións:	-
Conclusións:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN800
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rigidez nominal:	SN 10000 [N/m ²]
Diámetro nominal:	DN 800 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	821	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	15,0	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	16,5	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	7.257,5	N/mm ²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	5,0	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	0,7	m
Nivel freático:	Si		
Profundidad del nivel freático:	H _{max}	3,0	m
Profundidad del nivel freático:	H _{Wmin}	0,0	m
Anchura de zanja:	B _d	1,4	m
Tipo de relleno:	SC2: Suelos de partículas gruesas, < 12% finos		
Compactación de relleno:	95 PN		
Peso unitario del material de relleno:		18,8	kN/m ³
Peso específico por debajo del nivel freático:		11,5	kN/m ³
Material de relleno de la zona de la tubería y compactación:	Arena; compactación: moderada a alta		
Tipo de suelo natural:	Granular		
Suelo natural (granular):	Compacto (15 - 30 golpes/0,3m)		
Lecho de zanja:	Soporte del lecho inconsistente (K _x = 0,1)		

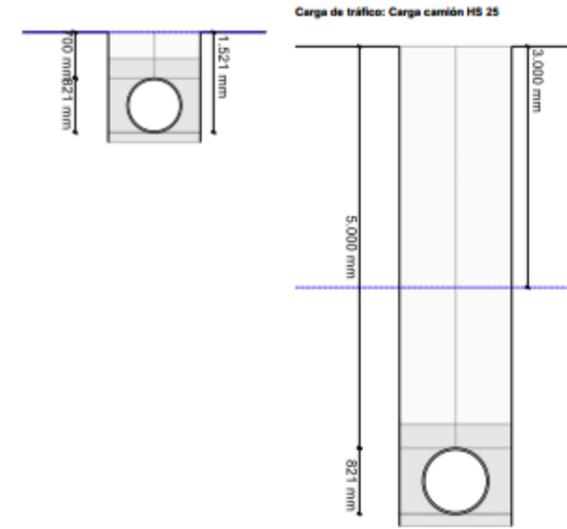
1.2.2 Parámetros de carga

Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar

Carga de tráfico: Carga camión HS 25

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coeficiente de deflexión estándar / factor de retardo:	Si
Deflexión estándar admisible (5%):	Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo: D 806,03 mm

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _r	4,5	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

		a la profundidad		
		mínima	máxima	
Altura de recubrimiento	H	0,70	5,00	m
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W _c	13,16	94,00	kN/m ²
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W _c '	8,05	79,40	kN/m ²

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico:		Carga camión HS 25		
		a la profundidad		
		mínima	máxima	
Factor de impacto	I _r	1,24	1,00	[-]

Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad LLDF de relleno		1,15	1,15	[-]
Longitud de la huella del neumático	t_l	254	254	mm
Anchura de carga paralela a la dirección de circulación	L_1	1,06	6,00	m
Ancho de la huella del neumático	t_w	508	508	mm
Profundidad a la cual interactúa la carga de las ruedas	h_{int}	1,1	1,1	m
Anchura de carga perpendicular a la dirección de circulación	L_2	1,31	4,04	m
Carga de rueda en superficie	P	89,0	89,0	kN
Carga de tráfico en superficie	W_L	94,88	4,40	kN/m ²

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	13,97	21,17	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	34,47	34,47	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	1,54	1,27	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	21,50	26,87	N/mm ²

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de la deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	0,8	0,8	%
Deflexión admisible	$\delta d/D$	5,00	5,00	%

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	F_S	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	κ_u'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	R_h'	0,94	1,02	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	640,32	809,40	kN/m ²
Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	0,70	2,00	m
Factor de fotabilidad	R_W	0,67	0,87	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	15,68	101,19	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Presión de colapsamiento, Nivel freático + suelo + tráfico q_w 110,56 105,59 kN/m²

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



5.3.6. Tubería PRFV 900 SN 10.000 PN 1

1.1 Entrada de datos

Suposicións:	-
Conclusiones:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN900
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rigidez nominal:	SN 10000 [N/m ²]
Diámetro nominal:	DN 900 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	923	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	16,8	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	18,3	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	7.482,5	N/mm ²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	5,0	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	0,7	m
Nivel freático:	Si		
Profundidad del nivel freático:	H _{max}	3,0	m
Profundidad del nivel freático:	H _{wmin}	0,0	m
Anchura de zanja:	B _d	1,5	m
Tipo de relleno:	SC2: Suelos de partículas gruesas, < 12% finos		
Compactación de relleno:	95 PN		
Peso unitario del material de relleno:		18,8	kN/m ³
Peso específico por debajo del nivel freático:		11,5	kN/m ³
Material de relleno de la zona de la tubería y compactación:	Arena; compactación: moderada a alta		
Tipo de suelo natural:	Granular		
Suelo natural (granular):	Ligeramente compacto (8 - 15 golpes/0,3m)		
Lecho de zanja:	Soporte del lecho inconsistente (K _x = 0,1)		

1.2.2 Parámetros de carga

Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar

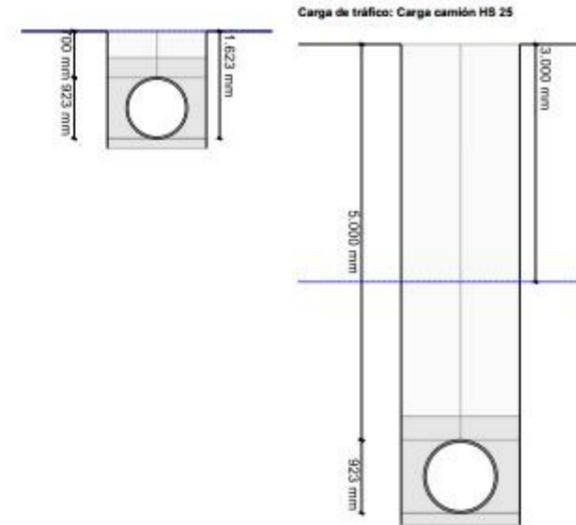
Carga de tráfico: Carga camión HS 25

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coefficiente de deflexión estándar / factor de retardo: Si

Deflexión estándar admisible (5%):

Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo: D 906,25 mm

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _r	4,5	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Altura de recubrimiento	H	0,70	5,00	m
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W _c	13,16	94,00	kN/m ²
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W _{c'}	8,05	79,40	kN/m ²

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico: Carga camión HS 25 a la profundidad mínima a la profundidad máxima

Factor de impacto	I_r	1,24	1,00	[-]
Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad de relleno	LLDF	1,15	1,15	[-]
Longitud de la huella del neumático	t_l	254	254	mm
Anchura de carga paralela a la dirección de circulación	L_1	1,06	6,00	m
Ancho de la huella del neumático	t_w	508	508	mm
Profundidad a la cual interactúa la carga de las ruedas	h_{int}	1,1	1,1	m
Anchura de carga perpendicular a la dirección de circulación	L_2	1,31	4,04	m
Carga de rueda en superficie	P	89,0	89,0	kN
Carga de tráfico en superficie	W_L	94,88	4,40	kN/m ²

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	13,97	21,17	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	20,68	20,68	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	1,24	0,99	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	17,33	20,89	N/mm ²

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de la deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	1,0	1,1	%
Deflexión admisible	$\delta d/D$	5,00	5,00	%

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	F_S	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	κ_u'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	R_h'	0,93	1,02	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	547,65	682,56	kN/m ²
Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	0,70	2,00	m
Factor de fiabilidad	R_w	0,67	0,87	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	15,68	101,19	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la

presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Presión de colapsamiento, Nivel freático + suelo + tráfico q_w 110,56 105,59 kN/m²

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



5.3.7. Tubería PRFV 1000, SN 10.000, PN 1

1.1 Entrada de datos

Suposicións:	-
Conclusiones:	-
Añadir boceto para imprimir:	Si
Tubo de la base de datos:	Si
Tubo seleccionado:	PN1 SN10000 DN1000
Tipo de tubo de PRFV:	Sewer Gravity (FS 3.0)
Tubería de presión:	No
Presión nominal:	PN 1 [bar]
Rigidez nominal:	SN 10000 [N/m²]
Diámetro nominal:	DN 1000 [mm]

1.2 Valores de la base de datos

Diámetro exterior:	OD	1.025	mm
Espesor nominal de la pared reforzada (ASTM D3567):	t	18,5	mm
Espesor del liner:	t _L	1,5	mm
Espesor de pared total:	t _t	20,0	mm
# new res #:	y _s	0,0	mm
Módulo de elasticidad en sentido circunferencial:	E _H	7.674,3	N/mm²
Base hidrostática de diseño:	HDB	0,65	%
Alargamiento unitario a la deflexión, largo plazo:	SB	1,30	%

1.2.1 Condiciones de instalación

Profundidad de instalación máxima:	H _{max}	7,0	m
Profundidad de instalación mínima:	H _{min}	2,0	m
Nivel freático:	Si		
Profundidad del nivel freático:	H _{max}	3,0	m
Profundidad del nivel freático:	H _{Wmin}	3,0	m
Anchura de zanja:	B _d	1,6	m
Tipo de relleno:	SC1: Piedra triturada, < 15% arena, < 5% finos		
Tipo de relleno:	Tirado		
Peso unitario del material de relleno:		18,8	kN/m³
Peso específico por debajo del nivel freático:		11,5	kN/m³
Material de relleno de la zona de la tubería y compactación:	Grava; compactación: tirada a ligera		
Tipo de suelo natural:	Granular		
Suelo natural (granular):	Suelto (4 - 8 golpes/0,3m)		
Lecho de zanja:	Soporte del lecho inconsistente (K _x = 0,1)		

1.2.2 Parámetros de carga

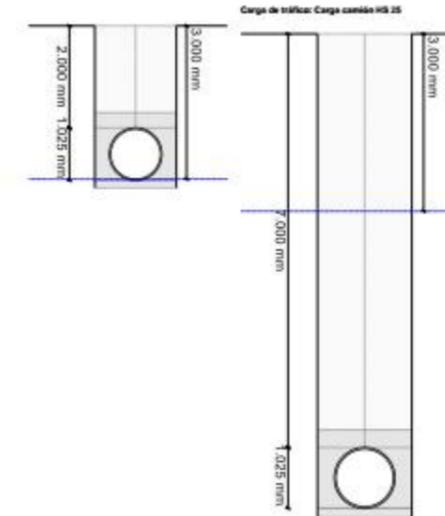
Presión de trabajo:	P _w	0,00	bar
Sobrepresión:	P _s	0,00	bar
Presión de vacío:	P _v	0,00	bar
Carga de tráfico:	Carga camión HS 25		

1.2.3 Opciones de deflexión avanzadas

Coefficiente de deflexión estándar / factor de retardo:	Si
---	----

Deflexión estándar admisible (5%):

Si



1.3 Resultados

Diámetro medio del tubo:	D	1.006,50	mm
D = OD - t			

1.3.1 Confirmación de la clase de presión

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.2 Verificando la presión de trabajo

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.3 Verificando el golpe de ariete

No es necesaria su comprobación ya que no se considera presión interior.

1.3.4 Cálculo de la deflexión máxima admisible

$$\frac{\Delta y_a}{D} = \left(\frac{S_b}{1,5} \right) \cdot \left(\frac{D}{2 \cdot y_s} \right) \cdot \left(\frac{1}{D_f} \right) \tag{5-6}$$

Nota: La ecuación 5-6 del M-45 ha estado modificada en este caso para reflejar que el eje neutro del tubo no es el punto medio de la pared del tubo (ver ASTM D3681).

Factor de forma:	D _f	3,3	[-]
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (absoluta):	Δy _a	+∞	mm
Deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo (relativa):	Δy _a /D	+∞	%
Deflexión admisible:	δ _d /D	5,00	%

La deflexión calculada es menor que la deflexión vertical del tubo máxima admisible a largo plazo.

1.3.5 Cálculo de la carga del suelo

$$W_c = \gamma_s H \tag{5-9}$$

a la profundidad mínima a la profundidad máxima

Altura de recubrimiento	H	2,00	7,00	m
Carga vertical del suelo sobre el tubo	W_c	37,60	131,60	kN/m ²
Carga vertical del suelo sobre el tubo, considerando la flotación	W_c'	37,60	102,40	kN/m ²

1.3.6 Cálculo de las cargas debidas al tráfico

Carga de tráfico:		Carga camión HS 25		
		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
$I_r = 1 + 0,33 [(2,44 \text{ m} - h)/2,44 \text{ m}] \geq 1$				(5-11)
Factor de impacto	I_r	1,06	1,00	[-]
Factor de distribución de la carga de tráfico con la profundidad de relleno	LLDF	1,15	1,15	[-]
Longitud de la huella del neumático	t_t	254	254	mm
$L_1 = t_t + LLDF \cdot H$				(5-12)
Anchura de carga paralela a la dirección de circulación	L_1	2,55	8,30	m
Ancho de la huella del neumático	t_w	508	508	mm
$h_{int} = \frac{(1,83 \text{ m} - t_w)}{LLDF}$				(5-15)
Profundidad a la cual interactúa la carga de las ruedas	h_{int}	1,1	1,1	m
$L_2 = t_w + LLDF \cdot H \quad H \leq h_{int}$				(5-13)
$L_2 = \frac{t_w + 1,83 \text{ m} + LLDF \cdot H}{2} \quad H > h_{int}$				(5-14)
Anchura de carga perpendicular a la dirección de circulación	L_2	2,32	5,19	m
Carga de rueda en superficie	P	89,0	89,0	kN
$W_L = \frac{1,2 \cdot P \cdot I_r}{L_1 \cdot L_2}$				(5-10)
Carga de tráfico en superficie	W_L	19,11	2,48	kN/m ²

1.3.7 Cálculo del módulo compuesto del suelo confinado

$M_s = S_c \cdot M_{sb}$				(5-19)
		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Factor adicional debido a tensiones verticales (nota 7, tabla 5-4)	f_w	1,00	1,00	[-]
Módulo del suelo confinado de la zona de relleno del tubo	M_{sb}	18,15	22,20	N/mm ²
Módulo del suelo confinado del suelo natural en la zona del tubo	M_{sn}	10,34	10,34	N/mm ²
Factor de soporte del suelo combinado	S_c	0,68	0,58	[-]
Módulo compuesto del suelo confinado	M_s	12,39	12,87	N/mm ²

1.3.8 Cálculo de la deflexión prevista

$\frac{\Delta y}{D} = \frac{(D_L \cdot W_c + W_L) \cdot K_x}{0,149 \cdot PS + 0,061 \cdot M_s}$				(5-8)
		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de soporte del lecho	K_x	0,100	0,100	[-]
Factor de retardo de la deflexión	D_L	1,500	1,500	[-]
Deflexión vertical del tubo prevista	$\Delta y/D$	0,9	2,3	%

Deflexión admisible	$\delta/d/D$	5,00	5,00	%
---------------------	--------------	------	------	---

1.3.8.1 A la profundidad de instalación mínima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.8.2 A la profundidad de instalación máxima

La deflexión prevista es inferior a la admisible.

1.3.9 Verificación de la carga combinada

La comprobación de carga combinada no es necesaria ya que no se considera presión interior.

1.3.10 Verificación del colapsamiento

$$q_a = \left(\frac{1}{FS} \right) \left[1,2 C_n' \cdot 8 \cdot SN^{0,33} \right] \cdot (\phi_s \cdot M_s \cdot k_v)^{0,67} \cdot R_h \quad (5-24b)$$

		a la profundidad mínima	a la profundidad máxima	
Coefficiente de seguridad al colapsamiento	FS	2,50	2,50	[-]
Coefficiente escalar de calibración para tomar en consideración los efectos no lineales	C_n'	0,55	0,55	[-]
Factor para tomar en consideración la variabilidad de la rigidez del suelo compactado	ϕ_s'	0,90	0,90	[-]
Factor de corrección del módulo para el coeficiente de Poisson del suelo	k_v'	0,74	0,74	[-]
Factor de corrección para la profundidad de relleno	R_h'	0,99	1,02	[-]
Presión de colapsamiento admisible	q_a	467,42	495,05	kN/m ²

$$(5-25) \quad q_v = \gamma_w \cdot h_w + R_w \cdot W_c + P_v \leq q_a$$

Peso específico del agua	γ_w	9,80	9,80	kN/m ³
Altura del nivel freático por encima del tubo	h_w	0,00	4,00	m
Factor de fiabilidad	R_w	1,00	0,81	[-]
Presión de colapsamiento, nivel freático + carga de suelo + vacío	q_v	37,60	145,98	kN/m ²

1.3.10.1 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.2 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y presión de vacío es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

$$(5-26) \quad q_v = \gamma_w \cdot h_w + R_w \cdot W_c + W_L \leq q_a$$

Presión de colapsamiento, Nivel freático + suelo + tráfico	q_w	56,71	148,46	kN/m ²
--	-------	-------	--------	-------------------

1.3.10.3 A la profundidad de instalación mínima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

1.3.10.4 A la profundidad de instalación máxima

La presión de colapsamiento calculada debida al nivel freático, presión del suelo y tráfico es inferior a la presión de colapsamiento admisible.

Todas las pruebas necesarias son correctas.