

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE
“MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ALTO BIERZO:
BEMBIBRE Y CASTROPODAME”

ACN 6/08.P2

ANEJO Nº 9. CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCCIONES Y ANCLAJES

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE
"MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ALTO BIERZO:
BEMBIBRE Y CASTROPODAME"
ACN 6/08.P2

ANEJO Nº 9. CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCCIONES Y ANCLAJES

ÍNDICE

1. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS	1
1.1. TUBERÍAS DE POLIETILENO	1
1.2. TUBERÍAS DE FUNDICIÓN	1
1.2.1. Hipótesis I. Estado tensional por presión interna	3
1.2.2. Hipótesis II. Deformaciones causadas por la acción única de cargas externas	3
1.2.3. RESULTADOS DE LA COMPROBACIÓN	6
2. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES	7
2.1. DETERMINACIÓN DE EMPUJES	7
2.2. FUERZAS RESISTENTES.....	8
2.3. EQUILIBRIO DE FUERZAS	8
2.4. MACIZOS DE ANCLAJE.....	9
2.4.1. CODOS.....	9

2.4.2.	DESAGÜES	18
2.4.3.	REDUCCIONES DE DIÁMETRO.....	21

APÉNDICE Nº 1. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES

APÉNDICE Nº 2. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍA DE FUNDICIÓN DÚCTIL

APÉNDICE Nº 3. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍA DE POLIETILENO

1. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS

1.1. TUBERÍAS DE POLIETILENO

Para el caso de las tuberías de polietileno PE100, la hipótesis pésima de carga y la sollicitación condicionante suelen corresponder con alguna de las siguientes (CEDEX, 2002):

- Hipótesis I: presión interna positiva, siendo la sollicitación determinante el estado tensional
- Hipótesis II: acciones externas y presión interna positivas, siendo la sollicitación determinante el estado tensional y las deformaciones
- Hipótesis III: acciones externas, siendo la sollicitación determinante el estado tensional y las deformaciones
- Hipótesis IV: Acciones externas y presión interna negativa, siendo la sollicitación determinante el pandeo o colapsado

Dadas las características de relleno y profundidades máximas, las conducciones de polietileno proyectadas soportan perfectamente las cargas transmitidas.

No obstante, en el Apéndice nº 3, se comprueba la idoneidad de los tubos empleados, mediante aplicación de la norma ATV A 127, que se desarrolla por la Norma UNE 53331 IN.

1.2. TUBERÍAS DE FUNDICIÓN

La hipótesis pésima de carga es aquella combinación de acciones de cálculo que producen la máxima sollicitación o deformación de una sección concreta.

En general, las acciones a considerar son las siguientes:

- Peso propio
- Cargas permanentes o muertas
- Sobrecargas de uso
 - Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería

- Presión interna (incluyendo las sobrepresiones derivadas de fenómenos transitorios)
 - Acciones del terreno
 - Acciones de tráfico
 - Acciones climáticas
 - Viento
 - Térmicas
 - Nieve
 - Acciones derivadas del nivel freático
 - Acciones reológicas
 - Acciones sísmicas

En general, en el cálculo mecánico de tuberías las acciones no se mayoran, adoptando este criterio para el caso que nos ocupa.

En las tuberías de fundición enterradas, habitualmente, las acciones más determinantes en la comprobación mecánica son las acciones derivadas de la presión interna y las derivadas de las acciones del terreno y las producidas por el tráfico.

Aunque el comportamiento de las tuberías de fundición varía de flexible a rígido en función del diámetro del tubo, lo que implicaría que para diámetros pequeños la comprobación de cargas externas se haría para el estado tensional, se acepta sustituirla por la comprobación de que las deformaciones originadas por las mismas no exceden los valores marcados por la Norma UNE-EN 545:1995, ya que el cumplimiento de este supuesto implica que las tensiones son admisibles. Es decir, bastaría comprobar el estado tensional causado por la acción de la presión interna (Hipótesis I) y las deformaciones causadas por la acción única de las cargas externas (Hipótesis II).

La acción conjunta de presión interna y cargas externas, desde el punto de vista tensional, no es condicionante en el cálculo mecánico, según los especialistas (Pont a Mousson, 1986).

1.2.1. HIPÓTESIS I. ESTADO TENSIONAL POR PRESIÓN INTERNA

La comprobación a efectuar es que la presión interna produce un estado tensional inferior al admisible, una vez aplicado el coeficiente de seguridad.

La comprobación se realiza mediante las siguientes expresiones:

$$DP \leq \frac{2 \cdot e \cdot Rm}{Dm \cdot C_1} \quad MDP \leq \frac{2 \cdot e \cdot Rm}{Dm \cdot C_2}$$

donde:

- DP y MDP presión de diseño y máxima de diseño, en N/mm²
- e espesor de la pared del tubo, en mm
- Dm diámetro medio del tubo, en mm (Dm=OD-e)
- OD diámetro exterior del tubo, en mm
- Rm resistencia mínima a tracción (420 N/mm²)
- C1 coeficiente de seguridad para DP (C1=3)
- C2 coeficiente de seguridad para MDP (C2=2,5)

Debe indicarse que las presiones que agotan los tubos unidos mediante bridas vienen limitadas por la PN de las bridas y no por el propio tubo. No obstante, como en este caso, la unión se efectúa mediante enchufe-campaña (unión flexible), no es de aplicación lo comentado.

1.2.2. HIPÓTESIS II. DEFORMACIONES CAUSADAS POR LA ACCIÓN ÚNICA DE CARGAS EXTERNAS

Consiste la comprobación en verificar que la deformación máxima debida a flexión transversal no supera a la deformación admisible. Para determinar la deformación admisible, se adoptan los valores incluidos en la Norma UNE-EN 545-1995. La metodología empleada es la recogida en el Anexo F de la citada Norma, basándose en

el hecho de que al no superarse los valores de deformación recogidos en la Norma, se garantiza que el revestimiento interior no sufre daños así como que no se supera la tensión admisible.

Las deformaciones producidas por las cargas externas se determinan empleando la fórmula de Spangler:

$$\delta = \frac{100 \cdot K_a \cdot (W_e + W_t)}{8 \cdot S_c + (0,061 \cdot E')}$$

Donde:

- δ deformación vertical del tubo debida a las cargas externas, en %
- K_a factor de apoyo en función del ángulo de apoyo 2α

Ángulo 2α °	K_a
20	0,11
45	0,105
60	0,102
90	0,096
120	0,09
180	0,083

- W_e Carga debida al peso de las tierras, en kN/m^2
 - $W_e = \gamma \cdot H$, con
 - γ peso específico del relleno, en kN/m^3 (valor habitual 20 kN/m^3)
 - H altura, en m, de tierras sobre la clave del tubo

- W_t carga debida al tráfico, en kN/m^3

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

- β coeficiente de carga de tráfico

Tráfico	Beta
Intenso	2
Principal	1,5
Intermedia	0,75
Rural	0,5

- DN diámetro nominal del tubo, en mm
- S_c rigidez diametral del tubo, en kN/m^2
- E' módulo de reacción del suelo, en kN/m^2

Compactación suelo	E' (kN/m^2)
Ninguna	0
Mala	1000
Media	2000
Buena	5000

Se puede definir el grado de compactación del suelo de la siguiente manera:

- Ninguno: no se efectúa compactación
- Mala: No se realiza mediante medios de compactado apropiados, o no realiza ningún control o verificación
- Media: Se controlan los medios de compactado en obra. En este caso, el instalador somete a la opinión del Contratista el modo de ejecución y el

justificante de las disposiciones previstas para el compactado, verificándose los resultados obtenidos

- Buena: Como el anterior, y además con la verificación de que los resultados obtenidos son >95% Proctor y >70% de Densidad relativa

1.2.3. RESULTADOS DE LA COMPROBACIÓN

Los cálculos se han efectuado para las siguientes características de tubería y zanja tipo:

- Material: tubería de fundición según UNE-EN 545, con revestimiento interior de mortero de cemento con espesor de 3,5 mm para diámetros inferiores a 300 mm y de 5 mm para diámetros superiores a 300 y menores que 600 mm, con recubrimiento exterior a base de capa de cinc metálico con capa de acabado, con un depósito mínimo de 200 g/m² y recubierta de manga de polietileno de espesor mínimo de 200 µm y resistencia a tracción de 8,3 N/mm².
- Zanja formada por cama de arena de espesor 10 cm, sobre la que apoya la tubería con un ángulo central hasta riñones de 90°. La zanja se rellena de material seleccionado compactado al 95% P.N. hasta una altura sobre la clave del tubo de 30 cm. El resto de la zanja tipo se rellena de material no seleccionado compactado al 95% P.N. El ancho de la zanja en la base es de 0,50 m adicionales al diámetro exterior de la conducción, con taludes de 2H:3V.

De conformidad con la metodología explicada los resultados obtenidos confirman que las tuberías proyectadas soportan adecuadamente los esfuerzos mecánicos a los que se verán sometidas las conducciones.

A modo de resumen, se indican para cada diámetro las condiciones de carga empleadas:

Diámetro (mm)	P.K. máxima carga tierra	Valor altura tierra sobre clave tubo (m)	P.K. máxima presión interna	DP Y MDP (mca)
400	4+118	3,19	2+280	118,66 y 145
350	7+658	4,64	6+516	90,44 y 129,42
300	12+198	6,19	9+591	68,1 y 112,21

Los datos de entrada, cálculos efectuados y resultados obtenidos, se recogen en el Apéndice nº 1 al presente anejo.

2. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES

Todos los componentes de una conducción que pueden estar sometidos a empujes derivados de la acción de la presión hidráulica (codos, derivaciones, conos de reducción y válvulas de seccionamiento o regulación, etc) soportan un empuje no compensado que puede provocar el movimiento estos elementos, no pudiéndose asegurar la inmovilidad de los mismos.

Para contrarrestar este empuje no compensado deben disponerse macizos de anclaje que abrazan la tubería y el accesorio. El elemento singular de la conducción se ancla al macizo mediante dado de hormigón con un peso suficiente para contrarrestar las sollicitaciones a las que se verá sometido, contando con la aportación de la resistencia del terreno en contacto con el macizo. La geometría adoptada en forma de cuña para los codos, no incluye las juntas, que quedarán siempre descubiertas.

2.1. DETERMINACIÓN DE EMPUJES

El dimensionamiento de los macizos de anclaje, se basa en la determinación de los empujes de cálculo, tal y como sigue:

- Codos:

$$E = MDP \cdot \left(\frac{\pi \cdot ID^2}{4} \right) \cdot 2 \cdot \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right), \text{ con ID, diámetro interior del tubo y } \theta \text{ el ángulo de desviación}$$

- Derivación:

$$E = MDP \cdot \left(\frac{\pi \cdot IDD^2}{4} \right), \text{ con IDD, diámetro interior de la derivación}$$

- Cono de reducción:

$$E = MDP \cdot \left(\frac{\pi \cdot (ID_1^2 - ID_2^2)}{4} \right), \text{ con ID}_1, \text{ diámetro mayor de la reducción e ID}_2, \text{ diámetro menor de la reducción}$$

- Válvula o tapón (brida ciega):

$$E = MDP \cdot \left(\frac{\pi \cdot ID^2}{4} \right), \text{ con ID diámetro interior conducción}$$

En todos los casos la denominación de MDP se corresponde con la Presión Máxima de Diseño, esto es la presión máxima que puede alcanzarse en una sección de la tubería en servicio, considerando las fluctuaciones producidas por el golpe de ariete.

En el caso del presente proyecto, se ha considerado como MDP, el valor mayorado en un 20% de la presión nominal correspondiente a la conducción para un coeficiente de seguridad de 1,25, al no haberse determinado de manera detallada los posibles fenómenos transitorios.

2.2. FUERZAS RESISTENTES

Las fuerzas resistentes consideradas en los cálculos, son la fuerza de rozamiento y el empuje pasivo del terreno.

Así, la fuerza de rozamiento adopta la siguiente formulación:

- $F_r = N \cdot \operatorname{tg} \phi$, con N el peso del macizo y ϕ , el ángulo de rozamiento interno del terreno.

Por su parte, el empuje pasivo del terreno:

- $F_t = \sigma \cdot A \cdot H$, con σ resistencia admisible del terreno sobre una pared vertical, A.H = superficie de la cara del anclaje ortogonal al empuje

2.3. EQUILIBRIO DE FUERZAS

Para el cálculo se supone que el macizo soporta los esfuerzos debidos a los empujes hidráulicos por el rozamiento con el suelo (F_r), y por el apoyo de éste con la pared de la zanja (F_t). Se supone que en la zanja la pared está sana y es capaz de transmitir esfuerzos sin producir un desplazamiento. Consideramos un valor homogéneo de resistencia del terreno en lugar de considerar el empuje pasivo de éste. Así lo recomiendan los expertos que consideran que para contar con el empuje pasivo es necesario un desplazamiento del macizo que lo movilice y esto, en realidad no es lo que ocurre.

Así pues, el cálculo se materializa en el equilibrio de las fuerzas actuantes de la siguiente forma:

$$E = F_r + F_i = N \cdot \operatorname{tg} \phi + \sigma \cdot A \cdot H$$

E= empuje hidráulico

N= peso del macizo (densidad del hormigón 2,4 t/m³)

Φ = ángulo de rozamiento interno del terreno (se acepta un valor conservador de 20°)

σ = resistencia admisible del terreno sobre una pared vertical (se acepta un valor de 10 t/m²)

A H = superficie de la cara del anclaje ortogonal al empuje

Se comprobará en todos los casos, que el empuje hidráulico (E) es menor que la resistencia que ofrece el anclaje (Fr + FI).

2.4. MACIZOS DE ANCLAJE

2.4.1. CODOS

De acuerdo con la metodología expuesta anteriormente, los cálculos efectuados y que se recogen en el Apéndice nº 1. "Dimensionamiento de anclajes", resulta que se adopta un macizo de anclaje con un volumen de hormigón como sigue (para un ancho de zanja de 0,5+DN metros) para los codos localizados en las conducciones:

ANCLAJE DE CODOS. IMPULSIÓN INICIAL

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+000	45,00	257,8	160,00	6,39	11,95	1,48	0,75	1,32	1,87	0,92

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+009	90,00	402,8	60,00	10,81	49,48	3,64	1,25	1,43	4,58	4,38
0+037	67,50	402,8	60,00	8,50	38,88	2,86	1,25	1,43	4,58	3,45
0+057	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+064	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+334	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+352	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+369	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+392	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
1+429	11,25	402,8	100,00	2,50	6,86	0,50	1,25	1,43	2,75	0,61
1+476	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
1+534	22,50	402,8	160,00	7,96	13,65	1,00	1,25	1,43	1,72	1,22
1+568	11,25	402,8	160,00	4,00	6,86	0,50	1,25	1,43	1,72	0,61
1+628	11,25	402,8	160,00	4,00	6,86	0,50	1,25	1,43	1,72	0,61
1+643	90,00	402,8	160,00	28,83	49,48	3,64	1,25	1,43	1,72	4,38
1+666	90,00	402,8	160,00	28,83	49,48	3,64	1,25	1,43	1,72	4,38
1+939	67,50	402,8	160,00	22,65	38,88	2,86	1,25	1,43	1,72	3,45
1+949	22,50	402,8	160,00	7,96	13,65	1,00	1,25	1,43	1,72	1,22
2+244	90,00	402,8	160,00	28,83	49,48	3,64	1,25	1,43	1,72	4,38
3+082	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
3+686	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
3+756	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
5+222	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
5+228	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
6+388	45,00	352,7	160,00	11,96	24,34	1,80	1,25	1,38	2,03	2,08
6+517	33,75	352,7	160,00	9,08	18,46	1,36	1,25	1,38	2,03	1,58
6+540	33,75	352,7	160,00	9,08	18,46	1,36	1,25	1,38	2,03	1,58
9+556	22,50	352,7	160,00	6,10	12,41	0,92	1,25	1,38	2,03	1,06
6+585	11,25	352,7	160,00	3,06	6,23	0,46	1,25	1,38	2,03	0,53
6+809	11,25	352,7	160,00	3,06	6,23	0,46	1,25	1,38	2,03	0,53

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
6+823	22,50	352,7	160,00	6,10	12,41	0,92	1,25	1,38	2,03	1,06
6+836	11,25	352,7	160,00	3,06	6,23	0,46	1,25	1,38	2,03	0,53
7+368	90,00	352,7	160,00	22,11	44,96	3,32	1,25	1,38	2,03	3,83
7+455	90,00	352,7	160,00	22,11	44,96	3,32	1,25	1,38	2,03	3,83
7+506	90,00	352,7	160,00	22,11	44,96	3,32	1,25	1,38	2,03	3,83
9+836	45,00	304,6	160,00	8,92	21,98	1,63	1,25	1,33	2,46	1,79
10+408	11,25	304,6	160,00	2,29	5,63	0,42	1,25	1,33	2,46	0,46
10+980	11,25	304,6	160,00	2,29	5,63	0,42	1,25	1,33	2,46	0,46
11+158	22,50	304,6	160,00	4,55	11,21	0,83	1,25	1,33	2,46	0,91
11+187	11,25	304,6	160,00	2,29	5,63	0,42	1,25	1,33	2,46	0,46
11+210	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+223	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+276	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+316	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+454	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+463	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+477	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+485	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+498	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
11+514	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
11+633	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+646	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+654	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+749	90,00	304,6	100,00	10,31	40,61	3,01	1,25	1,33	3,94	3,30
11+782	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+812	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+823	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+875	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+887	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
11+946	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+961	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
12+027	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
12+120	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
12+133	67,50	304,6	100,00	8,10	31,91	2,37	1,25	1,33	3,94	2,60
12+190	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
12+255	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
12+432	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+706	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
12+764	33,75	352,7	100,00	5,67	18,46	1,36	1,25	1,38	3,25	1,58
12+803	45,00	352,7	100,00	7,48	24,34	1,80	1,25	1,38	3,25	2,08
12+826	45,00	352,7	100,00	7,48	24,34	1,80	1,25	1,38	3,25	2,08
12+828	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+842	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+850	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+930	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
12+941	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
12+972	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
12+987	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
13+253	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
13+256	90,00	352,7	100,00	13,82	44,96	3,32	1,25	1,38	3,25	3,83
13+260	90,00	352,7	100,00	13,82	44,96	3,32	1,25	1,38	3,25	3,83
13+563	90,00	352,7	60,00	8,29	44,96	3,32	1,25	1,38	5,42	3,83

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN A MATACHANA

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+006	90,00	101,6	60,00	0,69	8,97	1,71	0,50	1,10	13,04	0,51
0+038	90,00	101,6	60,00	0,69	8,97	1,71	0,50	1,10	13,04	0,51
0+313	90,00	96,8	100,00	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
0+315	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+581	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+596	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+627	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+638	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+718	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
0+726	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
0+740	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
0+742	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
0+765	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
0+804	33,75	96,8	100,00	0,43	3,62	0,69	0,50	1,10	8,48	0,20
0+862	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+136	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+314	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+379	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN A MATACHANA

P.K.	Ángulo del codo (º):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
1+435	67,50	96,8	100,00	0,82	6,93	1,32	0,50	1,10	8,48	0,39
1+448	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+541	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+607	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+622	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+681	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+693	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+745	33,75	96,8	100,00	0,43	3,62	0,69	0,50	1,10	8,48	0,20
1+756	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+786	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+819	90,00	96,8	100,00	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
1+914	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+922	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+935	45,00	96,8	100,00	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
2+054	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
2+071	22,50	96,8	100,00	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
2+083	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
2+091	11,25	96,8	100,00	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
2+190	90,00	96,8	100,00	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
2+191	90,00	96,8	100,00	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN A MATACHANA

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
2+217	90,00	96,8	100,00	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
2+306	90,00	96,8	100,00	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49

2.4.2. DESAGÜES

Para el caso de los desagües, hay que considerar que se trata de una derivación en "T" con una válvula de corte. Se asumen los mismos valores de ángulo de rozamiento y tensión admisible. Se han dispuesto conducciones de desagüe de diámetro nominal, como sigue:

DIÁMETRO CONDUCCIÓN (mm)	DIÁMETRO DESAGÜE (mm)
400	200
350	150
300	150
110	75
90	75
75	75

Así, los desagües localizados y los anclajes previstos para estos son:

CONDUCCIÓN	P.K.	ID (Diámetro interior desagüe, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
IMPULSIÓN INICIAL BEMBIBRE	0+243	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	0+469	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	0+855	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	1+434	150,00	60,00	1,06	1,59	0,80	0,65	0,23	1,50	0,12
CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE	1+953	200,00	160,00	5,03	7,54	0,80	0,70	1,01	1,50	0,56
	2+318	200,00	160,00	5,03	7,54	0,80	0,70	1,01	1,50	0,56
	4+119	200,00	100,00	3,14	4,71	0,80	0,70	0,63	1,50	0,35
	6+436	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	7+465	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	7+658	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	7+808	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	8+611	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	8+778	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	9+023	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	9+088	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	9+160	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	9+502	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	9+836	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	10+565	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	11+071	150,00	160,00	2,83	4,24	0,80	0,65	0,61	1,50	0,32
	11+343	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
11+498	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20	

CONDUCCIÓN	P.K.	ID (Diámetro interior desagüe, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
	11+749	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	12+190	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	12+514	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	12+694	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	13+121	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
	13+305	150,00	100,00	1,77	2,65	0,80	0,65	0,38	1,50	0,20
CONDUCCIÓN A MATACHANA	0+263	79,20	60,00	0,30	0,44	0,30	0,38	0,11	1,50	0,01
	0+448	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	0+874	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	1+054	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	1+379	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	1+819	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	2+071	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	2+320	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	2+644	73,60	100,00	0,43	0,64	0,30	0,37	0,17	1,50	0,02
	3+537	79,20	60,00	0,30	0,44	0,30	0,38	0,11	1,50	0,01
	3+803	79,20	60,00	0,30	0,44	0,30	0,38	0,11	1,50	0,01
4+330	79,20	60,00	0,30	0,44	0,30	0,38	0,11	1,50	0,01	
COND. CALAMOCOS	0+201	73,60	160,00	0,68	1,02	0,30	0,37	0,27	1,50	0,03
	1+042	79,20	100,00	0,49	0,74	0,30	0,38	0,19	1,50	0,02

2.4.3. REDUCCIONES DE DIÁMETRO

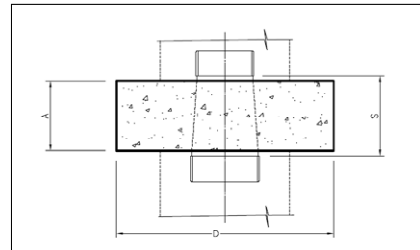
En el caso de existir conos de reducción para el paso de un diámetro a otro, también se produce un desequilibrio de fuerzas que debe ser compensado por un macizo de anclaje. En el presente proyecto, se presentan dos casos únicamente, correspondientes a la conducción principal a Bembibre, donde en los PP.KK. 4+352 y 9+591, se produce el cambio de un diámetro nominal de 400 a 350 mm y de éste a 300 mm, respectivamente. Las presiones nominales en estos puntos, son de 10 y 16 atmósferas.

Aceptando los valores señalados anteriormente para los suelos se obtienen los siguientes macizos de anclaje:

ANCLAJE REDUCCIÓN DIÁMETRO DN400-DN350 (P.K. 4+352)

DN anterior (mm)	400,00
ID anterior (Diámetro interior, mm):	402,80
DN posterior (mm)	350,00
ID posterior (Diámetro interior, mm):	362,70
Diferencia de secciones interiores (m ²)	0,0241
Longitud del cono de reducción "S" (m)	0,50
MDP (máxima presión de diseño, en mca):	100,00
γ_h (densidad hormigón, t/m ³):	2,40
σ_a (tensión admisible terreno, t/m ²)	10,00
Ángulo rozamiento (°)	20,00

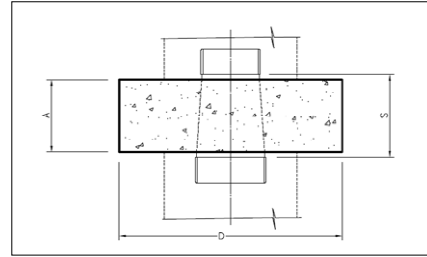
DIMENSIONES MÍNIMAS ANCLAJE	
E (empuje hidráulico, t):	2,41
E (empuje resistente, t):	3,62
A (ancho del macizo, m)	0,30
H (altura macizo, m):	0,85
D (lado del macizo, m)	1,30
V (volumen hormigón, m ³)	0,27
Coefficiente de seguridad	1,50



**ANCLAJE REDUCCIÓN DIÁMETRO
DN350-DN300 (P.K. 7+368)**

DN anterior (mm)	350,00
ID anterior (Diámetro interior, mm):	362,70
DN posterior (mm)	300,00
ID posterior (Diámetro interior, mm):	304,60
Diferencia de secciones interiores (m ²)	0,0304
Longitud del cono de reducción "S" (m)	0,50
MDP (máxima presión de diseño, en mca):	160,00
γ_h (densidad hormigón, t/m ³):	2,40
σ_a (tensión admisible terreno, t/m ²)	10,00
Ángulo rozamiento (°)	20,00

DIMENSIONES MÍNIMAS ANCLAJE	
E (empuje hidráulico, t):	4,87
E (empuje resistente, t):	7,30
A (ancho del macizo, m)	0,30
H (altura macizo, m):	1,25
D (lado del macizo, m)	1,40
V (volumen hormigón, m ³)	0,48
Coefficiente de seguridad	1,50



APÉNDICE Nº 1. DIMENSIONAMIENTO DE ANCLAJES

ANCLAJE DE CODOS. IMPULSIÓN INICIAL										
P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+000	45,00	257,8	160,00	6,39	11,95	1,48	0,75	1,32	1,87	0,92

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+009	90,00	402,8	60,00	10,81	49,48	3,64	1,25	1,43	4,58	4,38
0+037	67,50	402,8	60,00	8,50	38,88	2,86	1,25	1,43	4,58	3,45
0+057	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+064	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+334	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+352	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+369	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
0+392	11,25	402,8	60,00	1,50	6,86	0,50	1,25	1,43	4,58	0,61
1+429	11,25	402,8	100,00	2,50	6,86	0,50	1,25	1,43	2,75	0,61
1+476	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
1+534	22,50	402,8	160,00	7,96	13,65	1,00	1,25	1,43	1,72	1,22
1+568	11,25	402,8	160,00	4,00	6,86	0,50	1,25	1,43	1,72	0,61
1+628	11,25	402,8	160,00	4,00	6,86	0,50	1,25	1,43	1,72	0,61
1+643	90,00	402,8	160,00	28,83	49,48	3,64	1,25	1,43	1,72	4,38
1+666	90,00	402,8	160,00	28,83	49,48	3,64	1,25	1,43	1,72	4,38
1+939	67,50	402,8	160,00	22,65	38,88	2,86	1,25	1,43	1,72	3,45
1+949	22,50	402,8	160,00	7,96	13,65	1,00	1,25	1,43	1,72	1,22
2+244	90,00	402,8	160,00	28,83	49,48	3,64	1,25	1,43	1,72	4,38
3+082	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
3+686	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
3+756	22,50	402,8	100,00	4,97	13,65	1,00	1,25	1,43	2,75	1,22
5+222	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
5+228	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
6+388	45,00	352,7	160,00	11,96	24,34	1,80	1,25	1,38	2,03	2,08

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
6+517	33,75	352,7	160,00	9,08	18,46	1,36	1,25	1,38	2,03	1,58
6+540	33,75	352,7	160,00	9,08	18,46	1,36	1,25	1,38	2,03	1,58
9+556	22,50	352,7	160,00	6,10	12,41	0,92	1,25	1,38	2,03	1,06
6+585	11,25	352,7	160,00	3,06	6,23	0,46	1,25	1,38	2,03	0,53
6+809	11,25	352,7	160,00	3,06	6,23	0,46	1,25	1,38	2,03	0,53
6+823	22,50	352,7	160,00	6,10	12,41	0,92	1,25	1,38	2,03	1,06
6+836	11,25	352,7	160,00	3,06	6,23	0,46	1,25	1,38	2,03	0,53
7+368	90,00	352,7	160,00	22,11	44,96	3,32	1,25	1,38	2,03	3,83
7+455	90,00	352,7	160,00	22,11	44,96	3,32	1,25	1,38	2,03	3,83
7+506	90,00	352,7	160,00	22,11	44,96	3,32	1,25	1,38	2,03	3,83
9+836	45,00	304,6	160,00	8,92	21,98	1,63	1,25	1,33	2,46	1,79
10+408	11,25	304,6	160,00	2,29	5,63	0,42	1,25	1,33	2,46	0,46
10+980	11,25	304,6	160,00	2,29	5,63	0,42	1,25	1,33	2,46	0,46
11+158	22,50	304,6	160,00	4,55	11,21	0,83	1,25	1,33	2,46	0,91
11+187	11,25	304,6	160,00	2,29	5,63	0,42	1,25	1,33	2,46	0,46
11+210	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+223	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+276	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+316	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+454	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+463	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+477	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+485	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+498	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
11+514	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
11+633	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+646	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+654	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+749	90,00	304,6	100,00	10,31	40,61	3,01	1,25	1,33	3,94	3,30
11+782	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+812	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+823	33,75	304,6	100,00	4,23	16,68	1,24	1,25	1,33	3,94	1,36
11+875	45,00	304,6	100,00	5,58	21,98	1,63	1,25	1,33	3,94	1,79
11+887	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
11+946	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
11+961	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
12+027	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
12+120	11,25	304,6	100,00	1,43	5,63	0,42	1,25	1,33	3,94	0,46
12+133	67,50	304,6	100,00	8,10	31,91	2,37	1,25	1,33	3,94	2,60
12+190	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
12+255	22,50	304,6	100,00	2,84	11,21	0,83	1,25	1,33	3,94	0,91
12+432	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+706	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+764	33,75	352,7	100,00	5,67	18,46	1,36	1,25	1,38	3,25	1,58
12+803	45,00	352,7	100,00	7,48	24,34	1,80	1,25	1,38	3,25	2,08
12+826	45,00	352,7	100,00	7,48	24,34	1,80	1,25	1,38	3,25	2,08
12+828	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+842	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN PRINCIPAL A BEMBIBRE

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
12+850	22,50	352,7	100,00	3,81	12,41	0,92	1,25	1,38	3,25	1,06
12+930	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
12+941	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
12+972	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
12+987	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
13+253	11,25	352,7	100,00	1,92	6,23	0,46	1,25	1,38	3,25	0,53
13+256	90,00	352,7	100,00	13,82	44,96	3,32	1,25	1,38	3,25	3,83
13+260	90,00	352,7	100,00	13,82	44,96	3,32	1,25	1,38	3,25	3,83
13+563	90,00	352,7	60,00	8,29	44,96	3,32	1,25	1,38	5,42	3,83

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN A MATACHANA

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	Radio de curva (m)	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+006	90,00	101,6	60,00	0,41	0,69	8,97	1,71	0,50	1,10	13,04	0,51
0+038	90,00	101,6	60,00	0,41	0,69	8,97	1,71	0,50	1,10	13,04	0,51
0+313	90,00	96,8	100,00	0,39	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
0+315	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+581	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN A MATACHANA

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	Radio de curva (m)	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
0+596	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+627	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+638	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
0+718	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
0+726	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
0+740	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
0+742	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
0+765	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
0+804	33,75	96,8	100,00	0,39	0,43	3,62	0,69	0,50	1,10	8,48	0,20
0+862	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+136	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+314	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+379	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+435	67,50	96,8	100,00	0,39	0,82	6,93	1,32	0,50	1,10	8,48	0,39
1+448	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+541	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+607	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+622	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+681	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
1+693	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+745	33,75	96,8	100,00	0,39	0,43	3,62	0,69	0,50	1,10	8,48	0,20

ANCLAJE DE CODOS. CONDUCCIÓN A MATACHANA

P.K.	Ángulo del codo (°):	ID (Diámetro interior, mm):	MDP (máxima presión de diseño, en mca):	Radio de curva (m)	E (empuje hidráulico, t):	E (empuje resistente, t):	A (ancho del macizo, m)	H (altura macizo, m):	D (lado del macizo, m)	Coefficiente seguridad resultante	V (volumen hormigón, m³)
1+756	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+786	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+819	90,00	96,8	100,00	0,39	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
1+914	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
1+922	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
1+935	45,00	96,8	100,00	0,39	0,56	4,78	0,91	0,50	1,10	8,48	0,27
2+054	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
2+071	22,50	96,8	100,00	0,39	0,29	2,43	0,46	0,50	1,10	8,48	0,14
2+083	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
2+091	11,25	96,8	100,00	0,39	0,14	1,22	0,23	0,50	1,10	8,48	0,07
2+190	90,00	96,8	100,00	0,39	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
2+191	90,00	96,8	100,00	0,39	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
2+217	90,00	96,8	100,00	0,39	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49
2+306	90,00	96,8	100,00	0,39	1,04	8,83	1,68	0,50	1,10	8,48	0,49

APÉNDICE Nº 2. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE FUNDICIÓN DÚCTIL

CÁLCULO TUBOS DE FUNDICIÓN

Hipótesis I: Estado tensional debido a la acción única de la presión interna (fórmula de los "tubos delgados")

DN (diámetro nominal en mm):	400,0	
OD (diámetro exterior en mm):	429,0	
K (clase de espesor):	9	
Espesor (mm):	8,1	
Resistencia mínima a tracción (N/mm ²):	420,0	
DP (Presión de diseño en N/mm ²):	1,19	P.K. 2+280
MDP (presión máxima en N/mm ²):	1,45	
Coefficiente seguridad DP (mínimo)	3,0	
Coefficiente seguridad MDP (mínimo)	2,5	

Comprobación DP 5,39

Estado tensional válido

Comprobación MDP 6,47

Estado tensional válido

Hipótesis I: Deformaciones por acción única de las cargas externas anexo F UNE-EN 545:1995)

DN (diámetro nominal en mm):	400,0	
Ángulo apoyo en cama (°):	90,0	
Altura tierras s/ clave (m):	3,193	P.K. 4+118
Peso específico terreno (kN/m ³):	18,0	
Carga tráfico	Principal	
Sc (Rigidez transversal tubo kN/m ²):	72,0	
Defomación admisible (%)	2,9	
Compactación terreno	Media	

Factor de apoyo Ka 0,10

Carga tierras (kN/m²) We 57,47

Carga tráfico (kN/m²) Wt 17,29

Deformación (%) δ 1,03

Deformación válida

EL TUBO DE FUNDICIÓN DN 400 K9 RESISTE LAS SOLICITACIONES DE CÁLCULO

CÁLCULO TUBOS DE FUNDICIÓN

Hipótesis I: Estado tensional debido a la acción única de la presión interna (fórmula de los "tubos delgados")

DN (diámetro nominal en mm):	350,0
OD (diámetro exterior en mm):	378,0
K (clase de espesor):	9
Espesor (mm):	7,7
Resistencia mínima a tracción (N/mm ²):	420,0
DP (Presión de diseño en N/mm ²):	0,904
MDP (presión máxima en N/mm ²):	1,294
Coefficiente seguridad DP (mínimo)	3,0
Coefficiente seguridad MDP (mínimo)	2,5

P.K. 6+516

Comprobación DP 5,78

Estado tensional válido

Comprobación MDP 6,94

Estado tensional válido

Hipótesis I: Deformaciones por acción única de las cargas externas anexo F UNE-EN 545:1995)

DN (diámetro nominal en mm):	350,0
Ángulo apoyo en cama (°):	90,0
Altura tierras s/ clave (m):	4,642
Peso específico terreno (kN/m ³):	18,0
Carga tráfico	Principal
Sc (Rigidez transversal tubo kN/m ²):	89,0
Deformación admisible (%)	2,7
Compactación terreno	Media

P.K. 7+658

Factor de apoyo Ka 0,10

Carga tierras (kN/m²) We 83,56

Carga tráfico (kN/m²) Wt 12,02

Deformación (%) δ 1,10

Deformación válida

EL TUBO DE FUNDICIÓN DN 350 K9 RESISTE LAS SOLICITACIONES DE CÁLCULO

CÁLCULO TUBOS DE FUNDICIÓN

Hipótesis I: Estado tensional debido a la acción única de la presión interna (fórmula de los "tubos delgados")

DN (diámetro nominal en mm):	300,0
OD (diámetro exterior en mm):	326,0
K (clase de espesor):	9,0
Espesor (mm):	7,2
Resistencia mínima a tracción (N/mm ²):	420,0
DP (Presión de diseño en N/mm ²):	0,681
MDP (presión máxima en N/mm ²):	1,122
Coefficiente seguridad DP (mínimo)	3,0
Coefficiente seguridad MDP (mínimo)	2,5

P.K. 9+591

Comprobación DP

6,32

Estado tensional válido

Comprobación MDP

7,59

Estado tensional válido

Hipótesis I: Deformaciones por acción única de las cargas externas anexo F UNE-EN 545:1995)

DN (diámetro nominal en mm):	300,0
Ángulo apoyo en cama (°):	90,0
Altura tierras s/ clave (m):	6,2
Peso específico terreno (kN/m ³):	18,0
Carga tráfico	Principal
Sc (Rigidez transversal tubo kN/m ²):	110,0
Deformación admisible (%)	2,45
Compactación terreno	Media

P.K. 12+198

Factor de apoyo Ka

0,10

Carga tierras (kN/m²) We

111,42

Carga tráfico (kN/m²) Wt

9,11

Deformación (%) δ

1,15

Deformación válida

EL TUBO DE FUNDICIÓN DN 300 K9 RESISTE LAS SOLICITACIONES DE CÁLCULO

APÉNDICE Nº 3. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE POLIETILENO

1. TUBO DE PE100, DN 315, SDR 26

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME. IMPULSIÓN INICIAL

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 1

PARÁMETROS DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Abastecimiento.
Material:	POLIETILENO A.D..
Clase de material:	PE 100 (Banda Azul) PN 6.
Norma:	ATV A 127.
Diámetro normalizado:	315
Diámetro exterior:	315,0 mm.
Diámetro interior:	290,8 mm.
Espesor:	12,1 mm.
Módulo elasticidad Et:	1.000,0 N/mm ² .
Módulo elasticidad LP Et:	150,0 N/mm ² .
Peso específico GAMMA:	9,5 kN/m ³ .
Rotura flexotracción:	30,0 N/mm ² .
Rotura flexotracción l/p:	14,4 N/mm ² .
Rigidez circunferencial específica:	0,0 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 ancha.
Altura del relleno (H):	2,66 m.
Anchura de la zanja (B):	1,37 m.
Ángulo del talud (BETA):	56,2 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

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME. IMPULSIÓN INICIAL

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:

Zona1:

Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	95,0%.
E1:	5,0 N/mm ² .
GAMMA 1:	20,0 kN/m ³ .
Ángulo rozamiento interno Ro:	25,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	8,33

Zona2:

Tipo de suelo:	Grupo 2.
% Compactación:	95,0%.
E2:	8,0 N/mm ² .
GAMMA 2:	20,0 kN/m ³ .
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,3

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.

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME. IMPULSIÓN INICIAL

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 3

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

Cargas debidas a la tierra:

Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,92
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,87
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	48,91 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):	19,59 kN/m2.
Factor de corrección (af):	1,0
Carga vertical tráfico (P):	19,56 kN/m2.
Factor de impacto (FI):	1,2
Carga vertical mayorada (Pv):	23,48 kN/m2.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

Corrección E2:

Relación B/D:	4,3429
Coefficiente ALFA_bi:	0,3333
Coefficiente ALFA_b:	1,0000
Coefficiente f (HF=00,00):	1,0000
Compactación Dpr:	95,0 %.

	<u>Tensión c/p</u>	<u>Tensión l/p</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Módulo corregido E2' (N/mm2):	8,0000	8,0000	5,3333	5,3333

Relación de rigidez:

Rigidez del tubo Sr (N/mm2):	0,0451	0,0068	0,0451	0,0068
Factor de corrección TAU:	1,1063	1,1063	1,1162	1,1162
Rigidez horizontal SBH (N/mm2):	5,3101	5,3101	3,5717	3,5717
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0085	0,0013	0,0126	0,0019
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
Rigidez vert. relleno SBV:	8,0000	8,0000	5,3333	5,3333
Coef. reacción relleno lat. K*:	1,1992	1,3284	1,0619	1,2305
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0126	-0,0043	-0,0153	-0,0045
Relación de rigidez Vs:	0,4495	0,1976	0,5520	0,2792

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:

	<u>Tensión c/p</u>	<u>Tensión l/p</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Descarga relativa efectiva a':	0,6250	0,6250	0,9375	0,9375
Máximo factor de concentración	1,4396	1,0013	1,6937	1,6937
Factor concentración LANDA_R:	0,7489	0,9935	0,8247	0,6450
Factor concentración LANDA_B:	1,0837	1,0022	1,0584	1,1183

Influencia de la anchura de la zanja:

Factor concentración LANDA_RG:	0,7489	0,9935	0,8247	0,6450
--------------------------------	--------	--------	--------	--------

Factor límite del factor de concentración:

Límite superior LANDA_f0:	3,6009	3,6009	3,6009	3,6009
Límite inferior LANDA_fu:	0,2489	0,2489	0,2489	0,2489

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME. IMPULSIÓN INICIAL

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 4

CARGAS DE CÁLCULO:

	<u>Tensión c/p</u>	<u>Tensión l/p</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Carga vertical sobre tubo Qvt:	60,1032	72,0676	40,3316	55,0222
Componente carga relleno Qh:	16,8449	15,6485	16,4744	17,3530
Componente carga deformación Qh*:	51,8732	74,9447	25,3350	46,3518

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo I -> $2 \cdot \alpha = 120$

Momentos (kN*m/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,346	-0,351	0,364
Por carga horizontal:	-0,093	0,093	-0,093
Por reacción horizontal:	-0,207	0,238	-0,207
Por peso propio:	0,001	-0,001	0,001
Por peso del agua:	0,006	-0,007	0,009
Suma de momentos:	0,053	-0,029	0,074

Axiales (kN/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,241	-8,921	-0,241
Por carga horizontal:	-2,500	0,000	-2,500
Por reacción horizontal:	-4,442	0,000	-4,442
Por peso propio:	0,004	-0,027	-0,004
Por peso del agua:	0,138	0,047	0,303
Suma de axiales:	-6,560	-8,900	-6,885

CÁLCULO DE ESFUERZOS (LARGO PLAZO):

Momentos (kN*m/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,414	-0,421	0,437
Por carga horizontal:	-0,086	0,086	-0,086
Por reacción horizontal:	-0,299	0,343	-0,299
Por peso propio:	0,001	-0,001	0,001
Por peso del agua:	0,006	-0,007	0,009
Suma de momentos:	0,037	0,001	0,061

Axiales (kN/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,289	-10,697	-0,289
Por carga horizontal:	-2,323	0,000	-2,323
Por reacción horizontal:	-6,418	0,000	-6,418
Por peso propio:	0,004	-0,027	-0,004
Por peso del agua:	0,138	0,047	0,303
Suma de axiales:	-8,310	-10,676	-8,731

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:

Cálculo de los factores de corrección por curvatura:

Factor ALFA _{ki} :	1,0272
Factor ALFA _{ka} :	0,9728

Cálculo de tensiones:

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

Tensión en la clave:	1,6950N/mm ² .
Tensión en los riñones:	0,4094 N/mm ² .
Tensión en la base:	2,5596 N/mm ² .

Cálculo de deformaciones:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Variación del diámetro:	-2,4055	-7,5094	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,8103	2,5297	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
<u>Carga de tierras:</u>			
Carga crítica de abolladura:	0,8031	0,3111	N/mm ² .
<u>Presión del agua exterior:</u>			
Coefficiente ALFA _d :	10,0400	15,5200	
Presión del agua extrema:	0,0000	0,0000	N/mm ² .
Valor crítico de Pa:	0,4533	0,1051	N/mm ² .

VERIFICACIÓN:

Verificación de tensión:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo Plazo</u>	
NU Clave:	17,6988	16,9203	2,5000
NU Riñones:	73,2849	15,9152	2,5000
NU Base:	11,7204	7,7292	2,5000

Verificación de la estabilidad:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo Plazo</u>	
NU Carga tierras:	19,9136	5,6533	2,5000
NU Presión Agua externa:	0,0000	0,0000	2,5000
NU simultáneas:	19,9136	5,6533	2,5000

Verificación de deformación:

	<u>Valor calculado</u>		<u>Valor admisible</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Acortamiento relativo:	0,8103	2,5297	6,0000

CONCLUSIÓN:

TUBO VÁLIDO.

2. TUBO DE PE100, DN 315, SDR 17

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 1

PARÁMETROS DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Abastecimiento.
Material:	POLIETILENO A.D..
Clase de material:	PE 100 (Banda Azul) PN 10.
Norma:	ATV A 127.
Diámetro normalizado:	315
Diámetro exterior:	315,0 mm.
Diámetro interior:	277,6 mm.
Espesor:	18,7 mm.
Módulo elasticidad Et:	1.000,0 N/mm ² .
Módulo elasticidad LP Et:	150,0 N/mm ² .
Peso específico GAMMA:	9,5 kN/m ³ .
Rotura flexotracción:	30,0 N/mm ² .
Rotura flexotracción l/p:	14,4 N/mm ² .
Rigidez circunferencial específica:	0,0 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 I: Instalación en zanja o terraplén.
Tipo de instalación (subtipo):	Zanja ancha.
Altura del relleno (H):	2,66 m.
Anchura de la zanja (B):	1,37 m.
Ángulo del talud (BETA):	56,2 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

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:

Zona1:

Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	95,0%.
E1:	5,0 N/mm ² .
GAMMA 1:	20,0 kN/m ³ .
Ángulo rozamiento interno Ro:	25,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	8,33

Zona2:

Tipo de suelo:	Grupo 2.
% Compactación:	95,0%.
E2:	8,0 N/mm ² .
GAMMA 2:	20,0 kN/m ³ .
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,3

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.

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 3

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

Cargas debidas a la tierra:

Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,92
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,87
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	48,91 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):	19,59 kN/m2.
Factor de corrección (af):	1,0
Carga vertical tráfico (P):	19,56 kN/m2.
Factor de impacto (FI):	1,2
Carga vertical mayorada (Pv):	23,48 kN/m2.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

Corrección E2:

Relación B/D:	4,3429			
Coefficiente ALFA_bi:	0,3333			
Coefficiente ALFA_b:	1,0000			
Coefficiente f (HF=00,00):	1,0000			
Compactación Dpr:	95,0 %			
	<u>Tensión c/p</u>	<u>Tensión l/p</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Módulo corregido E2' (N/mm2):	8,0000	8,0000	5,3333	5,3333

Relación de rigidez:

Rigidez del tubo Sr (N/mm2):	0,1845	0,0277	0,1845	0,0277
Factor de corrección TAU:	1,1063	1,1063	1,1162	1,1162
Rigidez horizontal SBH (N/mm2):	5,3101	5,3101	3,5717	3,5717
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0347	0,0052	0,0517	0,0077
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
Rigidez vert. relleno SBV:	8,0000	8,0000	5,3333	5,3333
Coef. reacción relleno lat. K*:	0,8862	1,2547	0,7092	1,1326
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0326	-0,0090	-0,0379	-0,0108
Relación de rigidez Vs:	0,7078	0,3845	0,9125	0,4798

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:

	<u>Tensión c/p</u>	<u>Tensión l/p</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Descarga relativa efectiva a':	0,6250	0,6250	0,9375	0,9375
Máximo factor de concentración	1,4396	1,0013	1,6937	1,6937
Factor concentración LANDA_R:	0,8667	0,9973	0,9851	0,7834
Factor concentración LANDA_B:	1,0444	1,0009	1,0050	1,0722

Influencia de la anchura de la zanja:

Factor concentración LANDA_RG:	0,8667	0,9973	0,9851	0,7834
--------------------------------	--------	--------	--------	--------

Factor límite del factor de concentración:

Límite superior LANDA_f0:	3,6009	3,6009	3,6009	3,6009
Límite inferior LANDA_fu:	0,2489	0,2489	0,2489	0,2489

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: ABASTECIMIENTO DE AGUA AL ALTO BIERZO: BEMBIBRE Y CASTROPODAME

Autor: INYPSA, Informes y Proyectos, S.A.

Hoja: 4

CARGAS DE CÁLCULO:

	<u>Tensión c/p</u>	<u>Tensión l/p</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Carga vertical sobre tubo Qvt:	65,8663	72,2521	48,1764	61,7908
Componente carga relleno Qh:	16,2687	15,6301	15,6900	16,6762
Componente carga deformación Qh*:	43,9513	71,0446	23,0390	51,0959

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo I -> 2*alfa=120

Momentos (kN*m/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,354	-0,359	0,373
Por carga horizontal:	-0,084	0,084	-0,084
Por reacción horizontal:	-0,164	0,188	-0,164
Por peso propio:	0,001	-0,002	0,002
Por peso del agua:	0,006	-0,006	0,008
Suma de momentos:	0,113	-0,096	0,135

Axiales (kN/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,255	-9,450	-0,255
Por carga horizontal:	-2,334	0,000	-2,334
Por reacción horizontal:	-3,639	0,000	-3,639
Por peso propio:	0,006	-0,040	-0,006
Por peso del agua:	0,129	0,044	0,283
Suma de axiales:	-5,582	-9,446	-5,951

CÁLCULO DE ESFUERZOS (LARGO PLAZO):

Momentos (kN*m/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,388	-0,394	0,409
Por carga horizontal:	-0,080	0,080	-0,080
Por reacción horizontal:	-0,265	0,304	-0,265
Por peso propio:	0,001	-0,002	0,002
Por peso del agua:	0,006	-0,006	0,008
Suma de momentos:	0,050	-0,018	0,073

Axiales (kN/m)

	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,280	-10,366	-0,280
Por carga horizontal:	-2,243	0,000	-2,243
Por reacción horizontal:	-5,881	0,000	-5,881
Por peso propio:	0,006	-0,040	-0,006
Por peso del agua:	0,129	0,044	0,283
Suma de axiales:	-7,709	-10,362	-8,127

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:

Cálculo de los factores de corrección por curvatura:

Factor ALFA _{ki} :	1,0434
Factor ALFA _{ka} :	0,9566

Cálculo de tensiones:

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

Tensión en la clave:	1,7318 N/mm ² .
Tensión en los riñones:	1,0623 N/mm ² .
Tensión en la base:	2,0980 N/mm ² .

Cálculo de deformaciones:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Variación del diámetro:	-1,9154	-5,0586	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,6675	1,7629	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
<u>Carga de tierras:</u>			
Carga crítica de abolladura:	1,6236	0,6288	N/mm ² .
<u>Presión del agua exterior:</u>			
Coefficiente ALFA _d :	5,2000	9,8500	
Presión del agua extrema:	0,0000	0,0000	N/mm ² .
Valor crítico de Pa:	0,9594	0,2726	N/mm ² .

VERIFICACIÓN:

Verificación de tensión:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo Plazo</u>	
NU Clave:	17,3230	29,7606	2,5000
NU Riñones:	28,2408	54,3423	2,5000
NU Base:	14,2990	16,3560	2,5000

Verificación de la estabilidad:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo Plazo</u>	
NU Carga tierras:	33,7009	10,1765	2,5000
NU Presión Agua externa:	0,0000	0,0000	2,5000
NU simultáneas:	33,7009	10,1765	2,5000

Verificación de deformación:

	<u>Valor calculado</u>		<u>Valor admisible</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Acortamiento relativo:	0,6675	1,7629	6,0000

CONCLUSIÓN:

TUBO VÁLIDO.