

Anejo V. Análisis de alternativas

**Proyecto básico de emisario submarino para la ampliación de la
desaladora Al-Gubrah (Omán)**

GARCÍA GARCÍA, Bruno



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Análisis de alternativas	3
3. Alternativa elegida y Características del material.....	5
3.1 Alternativa elegida	5
3.2. Características del material.....	5
3.3. Ventajas del polietileno	7
4. Definición de la tubería	9
4.1. Longitud y trazado	9
4.2. Diámetro	10
5. Lastrado de la tubería.....	12
6. Tramo de difusores	14



1. Introducción

En el siguiente anejo se pretende definir los materiales específicos que componen la tubería del emisario submarino objeto de este proyecto. Se realiza un estudio de alternativas para plantear y analizar diferentes soluciones en lo que al material, del que la tubería estará compuesta, respecta. En el análisis se descartan las opciones que no resulten adecuadas, sea por viabilidad o por falta de eficiencia y, por otro lado, se aclararán los criterios a tener en cuenta, de tal forma que se justifique la solución adoptada al presente proyecto.

Para la realización del siguiente anejo se han tomado como base y referencias diferentes fuentes entre las que se encuentran la *“guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión”* del CEDEX y *“Marine Wastewater Outfalls and treatment systems”*.



2. Análisis de alternativas

En la construcción de emisarios submarinos, se han empleado diferentes materiales, cada uno ligado a sus procedimientos constructivos. Los que menos ventajas tenían, se han dejado de utilizar, sin embargo se han desarrollado las condiciones constructivas y ejecución de otros. A continuación se describen brevemente los posibles materiales a emplear en tuberías para emisarios submarinos:

- **Fundición dúctil:**

Entre las ventajas de los tubos de fundición dúctil debe destacarse el excelente comportamiento ante la presión hidráulica interior y la acción de las cargas externas. Además de su flexibilidad en diámetros grandes, estos tubos están provistos de revestimientos tanto interiores como exteriores.

Sin embargo, Aunque se ha usado en el pasado, ahora sólo se emplea en emisarios cortos, por la escasa resistencia de las juntas y la discontinuidad que suponen de cara a la protección catódica.

- **Acero:**

Es un material muy empleado en este campo, ya que su comportamiento ante la presión hidráulica interior es muy bueno. Por otro lado, permite la construcción por el método de tiro y arrastre por fondo. Requiere pinturas de protección (tanto interna como externa) y protección catódica.

- **Hormigón:**

Pueden emplearse tuberías de hormigón armado (con o sin camisa de chapa), pretensado o postesado. Al estar sometido a ciertas tracciones, el uso de hormigón en masa es inviable. El hormigón es un material muy resistente al agua de mar, que admite dos formas de unión de tubos. Cuando se coloca por arrastre, la junta es soldada y a las armaduras se les da continuidad longitudinal; en cambio, si se coloca tubo a tubo, en el fondo marino, la junta es de goma.

- **PVC (cloruro de polivinilo):**

Estos tubos termoplásticos, compuestos de una resina de poli (cloruro de vinilo), presentan ventajas como ligereza, baja rugosidad así como resistencia frente a líquidos corrosivos. Sin embargo, es débil frente a organismos marinos vivos y presenta poca resistencia mecánica.

- **Polietileno de alta o media densidad:**

Los tubos de PE, que tienen la condición de termoplásticos, están compuestos de una resina de polietileno. El procedimiento de fabricación habitual suele ser por extrusión salvo a excepción de las piezas especiales, que se fabrican por inyección en moldes. Los tubos se unen en la costa por presión más calor, mientras que las uniones de tramos en el mar se suelen hacer mediante bridas. La densidad del PE es baja (0.95), por lo que necesitan lastres que aseguren su estabilidad en el fondo.



Como material termoplástico, entre sus ventajas se encuentran la ligereza, flexibilidad, baja rugosidad, ausencia de incrustaciones, elevada resistencia a tensiones y deformaciones, y resistencia al ataque químico y corrosión.

Sin embargo, es un material muy susceptible a fuentes de calor externas.

- **Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV):**

Consiste en una matriz de resina termoestable, reforzada con fibra de vidrio que se fabrica por centrifugado. Entre las ventajas se encuentran la elevada resistencia a la abrasión y al ataque químico.

Sin embargo, las juntas no son lo bastante resistentes como para soportar el arrastre del tubo por el fondo, por lo que se suelen unir bajo el mar.

- **Fibro cemento:**

Se utilizó mucho en el pasado, pero ha caído en desuso por su escasa resistencia estructural y a los impactos, así como por la debilidad de las juntas y por la dificultad de mecanizar su tendido.



3. Alternativa elegida y Características del material

3.1 Alternativa elegida

El emisario submarino considerado para cumplir la función en esta desaladora debe ofrecer una garantía de funcionalidad y durabilidad, teniendo en cuenta las peculiaridades de la obra, por eso la tubería empleada será de **polietileno de alta densidad (PEAD)**, que presenta indudables ventajas, tanto en lo que respecta al proceso constructivo, como durante su vida útil en entornos agresivos.

3.2. Características del material

Para la definición de los diferentes aspectos técnicos de la tubería, se emplea como base y referencia la “*guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión*” del CEDEX donde se hace mención a la normativa necesaria aplicable relativa a las tuberías de PEAD.

En la guía en cuestión, se presenta una amplia gama de diámetros de tuberías disponible, las diferentes opciones a escoger entre distintas presiones de servicio para las que se fabrican y la diversidad de materiales plásticos empleados en su fabricación; información que facilita la elección de la tubería, pudiendo acogerse a un amplio abanico de clases de tubería, adecuada al caso concreto de esta instalación y fluido.

Los materiales básicos constitutivos de los tubos de PE son:

- Resina de polietileno, de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN ISO 1872:2001, UNE 53965-1:1999EX y UNE 53131:1990
- Negro de carbono o pigmentos.
- Aditivos (antioxidantes, estabilizadores o colorantes) según prEN 12201:2003

Los materiales que constituyan la tubería no deben ser solubles en agua ni tener olor, sabor o alguna adición que altere sus características. En la fabricación de los tubos o piezas no se puede emplear material reciclado o reprocesado.

Las características físicas a corto plazo de la materia prima empleada para fabricación de los tubos figuran en la tabla 1:

Característica	valor
Contenido de agua	<300 mg/kg
Densidad	>930kg/m ³
Contenido en materias volátiles	<50 mg/kg
Índice de fluidez	Cambio del IFM menor del 20% del valor obtenido con la materia prima utilizada
Tiempo de inducción a la oxidación	>20 min
Coef. De dilatación térmica lineal	2 a 2,3 x 10 ⁻⁴ m/m °C ⁻¹
Contenido en negro de carbono	Del 2 al 2,5% en masa

Tabla 1: Características físicas a corto plazo del PEAD



De las características mecánicas de la materia prima y del propio tubo es destacable lo siguiente:

- En el PE, como material termoplástico, su resistencia disminuye con el tiempo, que al tenerse en cuenta en la norma, se obliga a dimensionar para los valores de las propiedades que tendrá el tubo dentro de 50 años.

En la figura 1 se muestran unas curvas de referencia o de regresión habituales para un PE normal.

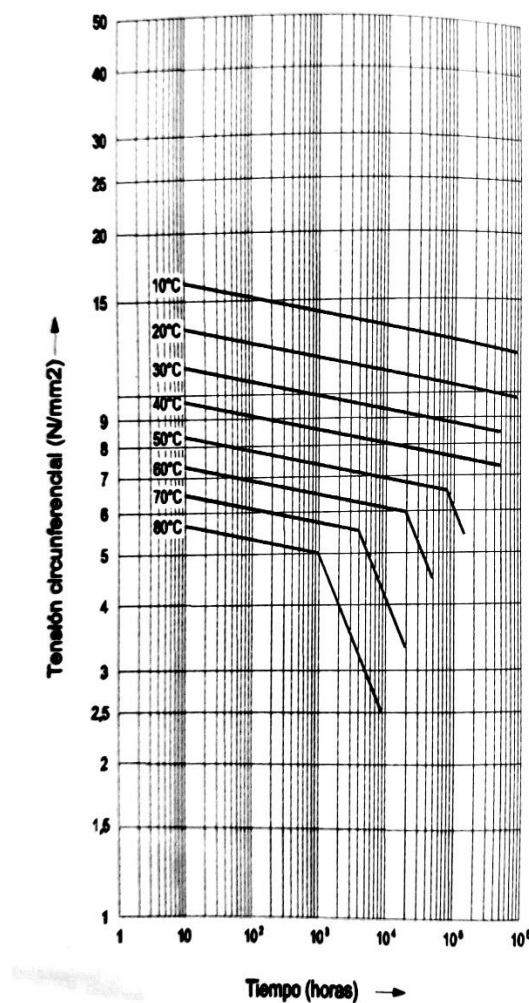


Figura 1: Curvas de regresión del PE

- Según las normas prEN 12201:2001 y prEN 13224:1998, los valores mínimos previstos para el MRS (Tensión mínima requerida) son 4; 6,3; 8 y 10. Siendo el coeficiente de seguridad C igual a 1,25, aunque la norma contempla el uso de valores mayores.
- La tensión de diseño σ_s adoptará, según el tipo de PE y C adoptado, los valores de la tabla mostrada en la Figura 2:



Tabla 45. Tipos de polietilenos previstos en prEN 12201:2001 o en prEN13224:1998

	PE 40	PE 63	PE 80	PE 100
LCL (N/mm ²)	4,00 a 4,99	6,30 a 7,99	8,00 a 9,99	10,00 a 11,19
MRS (N/mm ²)	4,0	6,3	8	10
C	σ_s (N/mm ²)			
1,25	3,2	5,0	6,3	8,0
1,60	2,5	4,0	5,0	6,3
2,00	2,0	3,2	4,0	5,0
2,50	1,6	2,5	3,2	4,0
3,20	1,2	2,0	2,5	3,2

Figura 2: Tipos de polietilenos provistos según la norma prEN12201:2001

- El módulo de elasticidad a corto plazo, E_0 , es de 1.000 N/mm² y a largo plazo, E_{50} , de 150 N/mm².
- La resistencia a flexotracción a corto o largo plazo es, respectivamente 30 o 14,4 N/mm² (UNE 53331:1997 IN)

3.3. Ventajas del polietileno

Las ventajas que las tuberías de PE, se pueden valorar por las propiedades intrínsecas que presenta este material.

- ✓ Es extremadamente poco sensible al agua. Ensayos realizados demuestran que la absorción es menor del 0,005%. Esta cualidad la conserva incluso a altas temperaturas.
- ✓ Tanto el PE como sus derivados son los plásticos más inertes que se conocen frente al ataque de los agentes químicos, disolventes y a ciertos plastificantes.
- ✓ La resistencia a la corrosión es muy elevada
- ✓ Bajo factor de fricción. Las paredes del tubo pueden considerarse hidráulicamente lisas ofreciendo una resistencia mínima a la circulación del fluido
- ✓ A bajas temperaturas, el polietileno conserva su flexibilidad
- ✓ No admiten incrustaciones: Manteniendo constante su sección original, reduciendo así las pérdidas hidráulicas a largo plazo. En el medio marino, es una propiedad muy conveniente, ya que no se producirán incrustaciones de mejillones, algas y otra fauna acuática en la tubería, lo cual mejorará su comportamiento.
- ✓ Son tuberías muy ligeras, facilitando el transporte y montaje en medios que presentan dificultades, como el ámbito marino.



La clasificación de los tubos de PE se realiza por su MRS (Tensión mínima requerida), DN (Diámetro nominal) y PN (Presión nominal), según la tabla de la figura 3 obtenida a partir de UNE-EN 12201:2003.

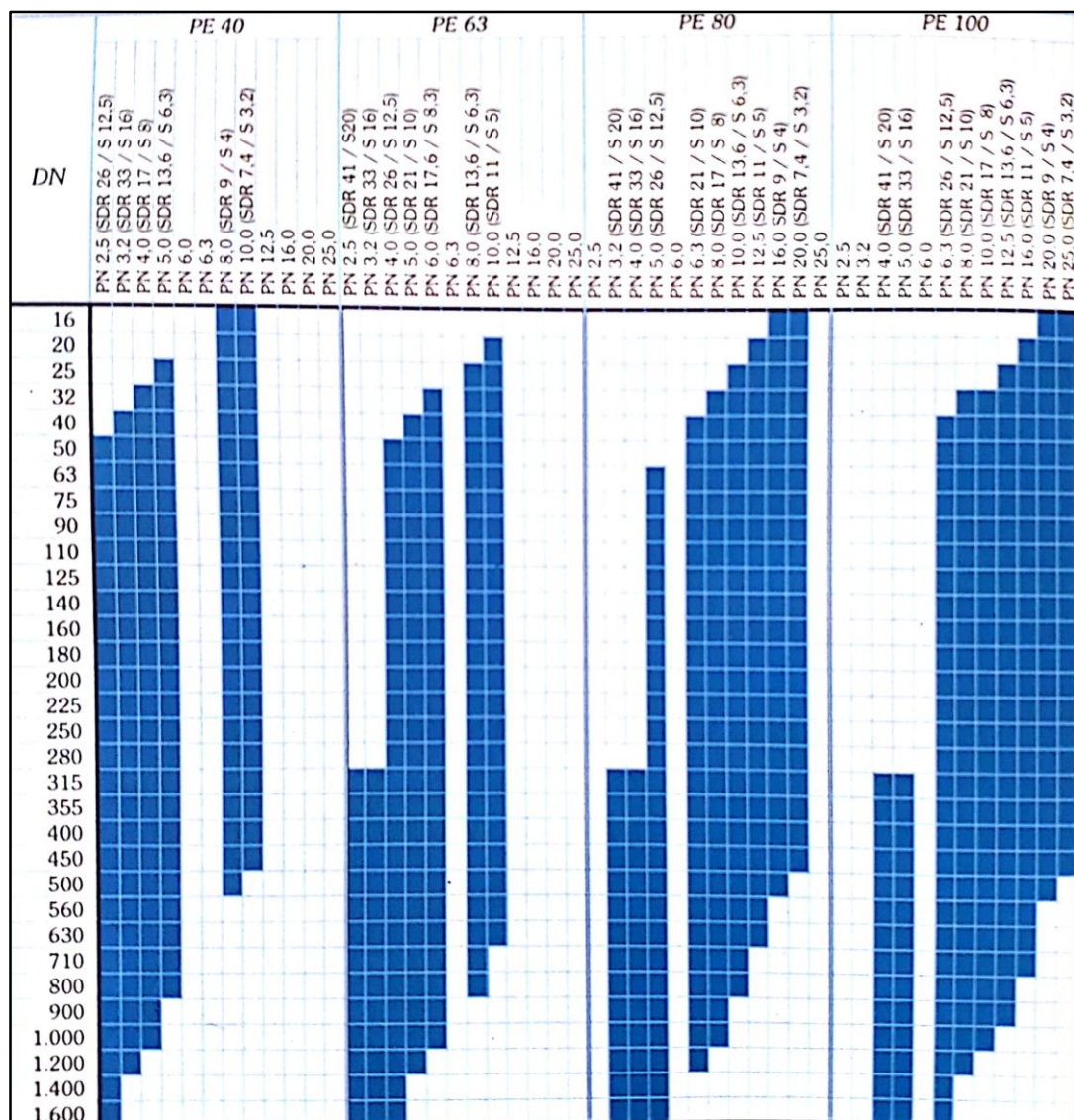


Figura 3: Clasificación de los tubos de PE según su MRS

En la tabla, además se hace referencia a parámetros como la “relación de dimensiones estándar” (SDR), que hace referencia a la relación entre el diámetro nominal (DN) y el espesor nominal (e).

También se menciona el parámetro S, que hace referencia a un parámetro adimensional que permite clasificar los tubos según la relación entre el radio medio teórico (r_m) y el espesor nominal (e).



4. Definición de la tubería

Una vez explicado el material del que estará compuesta la tubería, se debe seleccionar, de entre las opciones planteadas por la norma, la tubería que más se ajuste a los requisitos exigidos para la correcta emisión de salmuera de la desaladora. Además en este punto se especificará el procedimiento de unión entre partes y tuberías, así como el lastrado de las mismas.

4.1. Longitud y trazado

La definición geométrica de la tubería finalmente proyectada está condicionada por varios factores. Por un lado, la longitud de la tubería depende del punto óptimo de descarga; punto ubicado en una zona que dé lugar a un impacto mínimo en receptores sensibles. Se consideran receptores sensibles las playas cercanas y la propia desaladora, ya que la emisión de salmuera en un punto muy cercano puede conllevar que la toma de agua capte parte de la salmuera emitida, dificultando así la labor de la desaladora.

De acuerdo con los estudios de oleaje incluido en el anejo de clima marítimo, la ubicación, la longitud de las tuberías y la posición del punto de descarga del emisario han sido seleccionados teniendo en cuenta las corrientes de la zona así como el oleaje.

La longitud seleccionada del emisario será de **2.300m** con una longitud del tramo difusor de **264m**, lo que da lugar a una longitud total de aproximadamente **2.570 m**.

Para la propuesta del trazado del emisario, la solución óptima se debe obtener en base a estudios geológicos, evitando áreas de sustrato duro para sencillez de procedimientos constructivos, y al estudio de impacto ambiental.

Sin embargo, debido a la ausencia de dicha información por el carácter académico de este proyecto, se ha decidido basar el trazado del emisario submarino en el estudio batimétrico de la zona. Considerando el trazado cuyo incremento de desnivel sea más regular.

A lo largo de la sección la distancia existente entre la corona de la tubería y el fondo marino será de 1,5 m.

El tramo de la tubería que deba ubicarse en zanja, se dispondrá para que a lo largo de dicho tramo en que deba quedar enterrado, haya 1,5 m de cobertura mínima (hasta el PK 1+500). A partir de este punto, la cobertura disminuirá gradualmente hasta el punto en que la tubería quede apoyada sobre el lecho marino sobre los lastres de hormigón.

En la siguiente imagen se muestra el trazado de la tubería.



Figura 4: Trazado del emisario

4.2. Diámetro

Otra sección a determinar respecto a la definición geométrica es el diámetro. La selección del diámetro adecuado para cumplir las exigencias del proyecto viene dada principalmente por el caudal de agua a desplazar.

Para realizar el cálculo del caudal, se asume que la velocidad del fluido en el interior de la tubería debe ser como mínimo de 0,6 m/s, para garantizar la limpieza de la tubería, y como máximo de 2,5 m/s, ya que, debido a las pérdidas, la energía requerida para aportar esta velocidad al fluido aumenta de forma considerable, cuestionando la rentabilidad del sistema.

El caudal de diseño dado para la proyección de la tubería es de 2.400 l/s. Por ello seleccionamos el DN 1200 mm con un espesor de 45,9 mm, cuyo caudal máximo recomendable es de aproximadamente 2400 l/s. Sin embargo, al ser un sistema de vertido por difusores, el caudal va disminuyendo conforme avanza el fluido, en consecuencia la velocidad también es menor.

Por este motivo, para asegurar la velocidad mínima recomendable a lo largo de la tubería se ha propuesto un sistema de diámetro variable. Este sistema implica un estrechamiento de la tubería principal a una más pequeña de DN 900mm con un espesor de 34,4mm en el PK 2430. Tras este estrechamiento, se propone otro estrechamiento a una tubería de DN 500mm con un espesor de 19,1mm en el PK 2+530.



Tabla 48. Dimensiones de los tubos de PE (UNE 53966:2001 EX, prEN 12201-2:2000 y prEN13224-2:1998)

Diámetro (mm)		Ovalación (mm)	Espesor nominal (mm)											
DN	Tol.		S SDR	2,5 6	3,2 7,5	4 9	5 11	6,3 13,6	8 17	8,3 17,6	10 21	12,5 26	16 33	20 41
16	0,3	1,2		3,0	2,3	2,0								
20	0,3	1,2		3,4	3,0	2,3	2,0							
25	0,3	1,2		4,2	3,5	3,0	2,3	2,0						
32	0,3	1,3		5,4	4,4	3,6	3,0	2,4	2,0	2,0				
40	0,4	1,4		6,7	5,5	4,5	3,7	3,0	2,4	2,3	2,0			
50	0,4	1,4		8,3	6,9	5,6	4,6	3,7	3,0	2,9	2,4	2,0		
63	0,4	1,5		10,5	8,6	7,1	5,8	4,7	3,8	3,6	3,0	2,5		
75	0,5	1,6		12,5	10,3	8,4	6,8	5,6	4,5	4,3	3,6	2,9		
90	0,6	1,8		15,0	12,3	10,1	8,2	6,7	5,4	5,1	4,3	3,5		
110	0,7	2,2		18,3	15,1	12,3	10,0	8,1	6,6	6,3	5,3	4,2		
125	0,8	2,5		20,8	17,1	14,0	11,4	9,2	7,4	7,1	6,0	4,8		
140	0,9	2,8		23,3	19,2	15,7	12,7	10,3	8,3	8,0	6,7	5,4		
160	1,0	3,2		26,6	21,9	17,9	14,6	11,8	9,5	9,1	7,7	6,2		
180	1,1	3,6		29,9	24,6	20,1	16,4	13,3	10,7	10,2	8,6	6,9		
200	1,2	4,0		33,2	27,4	22,4	18,2	14,7	11,9	11,4	9,6	7,7		
225	1,4	4,5		37,4	30,8	25,2	20,5	16,6	13,4	12,8	10,8	8,6		
250	1,5	5,0		41,5	34,2	27,9	22,7	18,4	14,8	14,2	11,9	9,6		
280	1,7	5,8		46,5	38,3	31,3	25,4	20,6	16,6	15,9	13,4	10,7		
315	1,9	6,6		52,3	43,1	35,2	28,6	23,2	18,7	17,9	15,0	11,9	9,7	7,7
355	2,2	7,5		59,0	48,5	39,7	32,3	26,1	21,1	20,2	16,9	13,5	10,9	8,7
400	2,4	8,4			54,7	44,7	36,4	29,4	23,7	22,7	19,1	15,1	12,3	9,8
450	2,7	9,5			61,5	50,0	40,9	33,1	26,7	25,5	21,5	17,2	13,8	11,0
500	3,0	10,6				55,8	45,4	36,8	29,7	28,3	23,9	19,1	15,3	12,3
560	3,4	11,9					50,9	41,2	33,2	31,7	26,7	21,4	17,2	13,7
630	3,8	13,4					57,2	46,3	37,4	35,7	30,0	24,1	19,3	15,4
710	4,4	15,1						52,2	42,1	40,2	33,9	27,2	21,8	17,4
800	5,0	17,0						58,8	47,4	45,3	38,1	30,6	24,5	19,6
900	5,6	19,1							53,3	51,0	42,9	34,4	27,6	22,0
1.000	6,3	21,4							59,3	56,6	47,7	38,2	30,6	24,5
1.200	7,2	24,1								57,2	45,9	36,7	29,4	24,5
1.400	8,1	27,0									53,5	42,9	34,3	29,4
1.600	9,0	30,0										61,2	49,0	39,2

Tabla 2: Dimensiones de los tubos de PE según UNE 53966:2001 EX

A continuación se resumen los datos característicos de la tubería:

- Caudal máximo: 2400 l / s
- Profundidad de descarga: Entre -14,28 m y -17.1m (nivel lecho marino)
- Longitud del tubo (incluida sección del difusor): 2.570 m aprox.
- Longitud de la sección del difusor: 264 m aprox.
- Material: polietileno de alta densidad PE-100, SDR 26 PN 6,3
- Diámetro del tubo: DN600, DN900 y DN500
- Espesor de pared sólida: 61,2 mm, 34,4mm y 19,1mm
- Densidad tubo = 0,95 t/m3



5. Lastrado de la tubería

Para evitar que las corrientes marinas y el oleaje produzcan movimientos indeseados en la tubería una vez que ha sido fondeada, es necesaria la colocación de un lastrado que permita que se mantenga la posición del emisario. Se tendrá en consideración el caso de eventos extremos como ciclones.

Un requisito que deben cumplir es permitir que el proceso de hundimiento se pueda realizar adecuadamente y asegurar la estabilidad en el medio marino durante el proceso de construcción hasta la fase de llenado y fondeo.

Para ello, en este proyecto básico se han definido unos lastres de hormigón armado, cuyo volumen es de **$1,95m^3$** , y que se dispondrán distanciados en **5,5 metros**.

Para las secciones del trazado donde la conducción es de menor diámetro, se ha establecido que los lastres serán de **$0,95m^3$** , **$0,36m^3$** . Las dimensiones de los lastres se detallan en los planos.

Los lastres, prefabricados por una empresa externa, tienen una geometría aproximada Trapezoidal, como se muestra en la Figura. Se ha decidido adoptar esta forma debido a que la superficie de apoyo debe desplazarse lo mínimo posible, otras alternativas de lastres, como anillos, no ofrecen esta propiedad.

Están divididos en dos partes las cuales se deben unir alrededor de la tubería para una mayor efecto de lastrado. La unión de los bloques de hormigón a los tramos de tubería del emisario se realizará por medios mecánicos, pernos, arandelas y tuercas metálicos.

Se dispondrá, una banda de caucho entre los lastres y la tubería que servirá como elemento de protección contra el efecto del desgaste producido por parte de los lastres sobre la superficie externa de la tubería. Disponiendo este elemento, se logrará evitar el deslizamiento de los lastres sobre la tubería en el momento de sumergir el emisario.

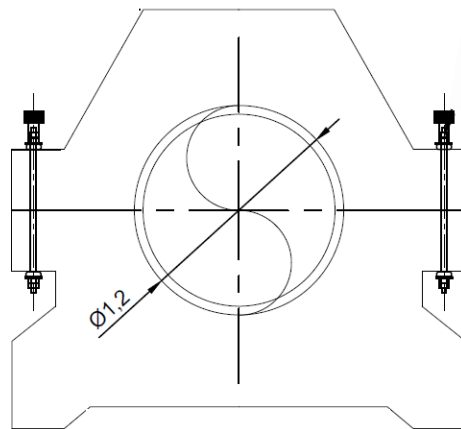


Figura 5: geometría aproximada de los lastres.



Al ser el fondo del mar el medio en el que se encontrará la tubería, hay que tener en cuenta las condiciones de deterioro por corrosión, tanto de las uniones de los bloques de hormigón, como de las armaduras de los mismos. El hormigón de los bloques será construido de acuerdo a las exigencias requeridas por clase de exposición “marina sumergida” para la cual se empleará un cemento IIIb.

Para la protección ante la corrosión de las uniones metálicas entre los bloques de hormigón, se dispondrán ánodos de sacrificio de aleación de cinc, con un periodo retorno de, al menos 60 años, de acuerdo con la norma UNE EN 12496:2003.



Figura 6: Ejemplo de ánodos de sacrificio

Las dimensiones necesarias de los pernos son 2xM12 de acuerdo con lo establecido en la EAE. Los cálculos se desarrollan en el apartado de cálculo de estabilidad en el *Anejo. VI. Cálculo de estabilidad*.



6. Tramo de difusores

El objetivo del emisario submarino de una desaladora es transportar y descargar el residuo sobrante al que se llama salmuera. La salmuera es el 45% del agua captada para desalar, a la que se añade la sal extraída de la mitad aprovechada, se emplea como medio de deshecho de residuos.

Para la expulsión de la salmuera, el emisario submarino tiene en el final de su recorrido un tramo habilitado con difusores adecuados para descargar este deshecho. La descarga de salmuera se realiza con el objetivo de que se diluya con el entorno una vez expulsada. Sin embargo la adecuada dilución tiene muchos condicionantes a tener en cuenta, como movimientos de corriente, oleaje, profundidad de emisión, presión de emisión etc.

Cuando se produce la descarga de salmuera al mar, el movimiento del agua en el momento de la expulsión provoca turbulencias que favorecen la dilución con el agua del medio receptor, aunque esté en calma. Además, si el vertido se realiza de manera que se formen chorros que se alejen del fondo, la energía potencial contribuye a la creación de turbulencia, esto se debe a la mayor densidad de la salmuera expulsada respecto del entorno. Lógicamente, cuanta más velocidad de emisión tenga, así como energía potencial, mayor será la dilución con el entorno.

Por otro lado, también es interesante mencionar que, para la optimización de la dilución de la salmuera con el entorno, también se debe tener en cuenta la separación de los chorros de emisión así como el grosor de estos, ya que cuanto más separados estén entre ellos, menor será la saturación en un espacio determinado y mayor será la dilución. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la velocidad de descarga está condicionada por la presión interior de la tubería, por lo que se debe hallar un equilibrio.

El tramo difusor (línea de descarga del emisario) consistirá en una tubería principal, de 264m de longitud, dividido en tres tramos. El primer tramo cuya sección inicial es igual que el resto de la tubería (DN1200 SDR26 PE100), mide 99 metros de longitud. El segundo tramo cuya sección es de DN900 mide 100. El tercer tramo, en cambio, mide 50 metros de longitud y tiene una sección de DN500.

A lo largo de los tramos, se habilitarán 25 puertos individuales salientes con un difusor de goma tipo “pico de pato” de tipo válvula (que impide la entrada de agua marina a la tubería) como se muestra en los planos. Cada tubo de difusión ascendente estará anclada a los difusores a través de una brida atornillada.

Las tuberías de los puertos (de PEAD SDR21 PE100), que comunican la tubería principal con el difusor, tendrán un diámetro exterior, para los tramos difusores, de **90mm**, **110mm** y **140mm** respectivamente, en sentido de corriente. Lo espesores de la tuberías del difusor son 3.5mm, 4.2mm y 5.4mm respectivamente.



La separación entre cada puerto será de 11 m, colocándose a cada lado de la tubería alternativamente con una inclinación de 45° desde el extremo más elevado del eje vertical.

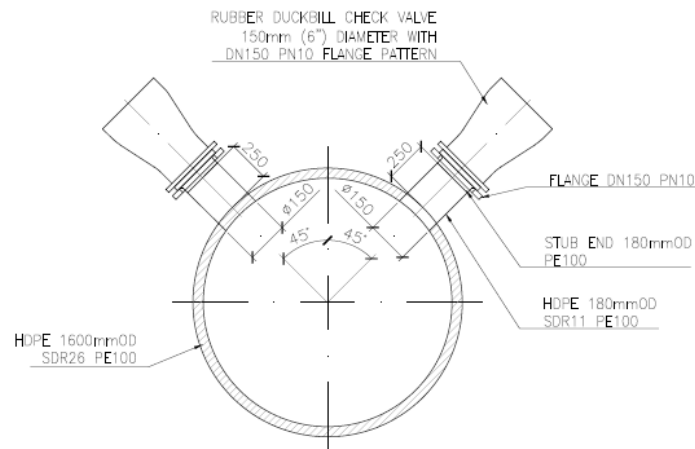


Figura 7: Diagrama sección difusor

Se han considerado las válvulas de pico de pato por su durabilidad en esta aplicación. El rendimiento a largo plazo del sistema difusor es dependiente de la elasticidad y la rigidez de las válvulas, pero la rigidez y/o degradación del material no deben producirse a corto o medio plazo por lo que no debe afectar al rendimiento. Su principal ventaja es que su apertura varía en función del aumento o disminución del caudal, garantizando una dilución eficiente y sin intrusión de agua de mar.

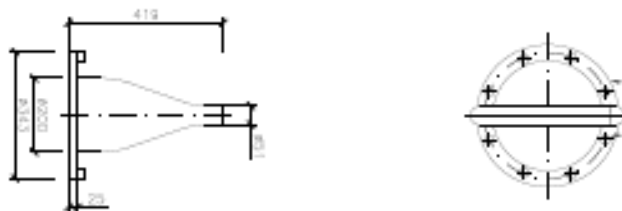


Figura 8: Diagrama de difusor "Pico de pato"

Todos los pernos, tuercas arandelas y anillos de anclaje entre la tubería del difusor de PE y el difusor de pico de pato deben ser de acero inoxidable

Durante el proceso de fabricación se instalaran en cada orificio de salida tapas ciegas temporales de acero inoxidable (o material no metálico) en lugar de los difusores de pico de pato. Una vez realizado el proceso de fondeo y colocada la tubería en su emplazamiento final, se sustituirán las tapas ciegas por los difusores definitivos.