PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ADECUACIÓN Y MEJORA DEL EMISARIO SUBMARINO DE LA EDAR DE TÍAS (ISLA DE LANZAROTE)

Nº EXP: 12.335-0515/2111

PROYECTO CONSTRUCTIVO

ANEJO 3. CRITERIOS DE DISEÑO

ÍNDICE

1. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES 3

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETO 4

3. SOLUCIÓN PROPUESTA 5

3.1 Diseño de las conducciones 5

3.2 Materiales 6

3.3 Consideraciones sobre el tramo submarino 6

4. DATOS DE PARTIDA 8

4.1 Documentos de referencia 8

4.2 Caudales de diseño 8

4.3 Calidad del efluente 10

4.4 Condiciones del Medio Marino 11

4.4.1 Temperatura superficial del mar 11

4.4.2 Características del agua del mar 13

4.4.3 Parámetros meteoceánicos 13

5. CRITERIOS DE DISEÑO 18

5.1 Guías técnicas 18

5.2 Normativa de referencia 18

5.3 Sistema de coordenadas 18

5.4 Sistema de unidades 19

5.5 Parámetros de diseño 19

5.5.1 Hidráulicos 19

5.5.2 Mecánicos 21

5.5.3 Estructurales 22

1. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

- EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.
- PE: Polietileno.
- PEAD: Polietileno de alta densidad.
- PVC-O: Policloruro de vinilo orientado.
- DN: Diámetro nominal.
- DI: Diámetro interior.
- DE: Diámetro exterior.
- SDR: Standar Dimension Ratio.
- DNV: Det Norske Veritas.
- AWWA: American Water Works Association.
- UTM: Universe Transverse Mercator.
- WGS: World Geodetic System.
- PVA: Programa de Vigilancia Ambiental.
- NMMAr: Nivel Medio del Mar de Arrecife.
- PMMA: Máxima pleamar astronómica.
- NMM: Nivel medio del mar.
- BMMI: Mínima baja.

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente anejo tiene por objeto la recopilación de los criterios de diseño del proyecto, incluyendo una descripción de las actuaciones que lo componen y una relación de los datos de partida, normativa de referencia, guías técnicas y parámetros de diseño utilizados en su elaboración.

El objeto del proyecto es dar cumplimiento a los requerimientos contenidos en la Resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental relativa a la actuación de *"Ampliación y Mejora de la EDAR de Tías*", declarada de interés general del Estado por la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, y recoge las actuaciones propuestas para rehabilitar el emisario terrestre y submarino existente de la EDAR de Tías, las cuales serán las necesarias para que el emisario de efluentes de la EDAR pueda operar como conducción de vertidos de emergencia ante situaciones excepcionales, con los caudales de diseño de la nueva ampliación de la depuradora, según se recogen en su propio proyecto de ampliación y mejora.

Para lograr este objetivo se realizan principalmente las siguientes actuaciones.

- Construcción de una nueva conducción para el tramo terrestre (emisario terrestre), adaptada a los nuevos requisitos de diseño derivados de la ampliación de la EDAR y que conectará con el tramo submarino existente.
- Construcción y conexión de un nuevo tramo de difusor, cuya configuración seguirá las premisas de la solución propuesta en el informe *"Estudio de afección medioambiental, actual y futura del vertido del emisario submarino de Puerto del Carmen (Lanzarote)"* realizado por la empresa ECOS, validando y desarrollando la solución técnica descrita en dicho informe.

3. SOLUCIÓN PROPUESTA

3.1 Diseño de las conducciones

En base al diagnóstico realizado y a las nuevas condiciones de operación, el presente Proyecto Constructivo plantea la construcción de una nueva conducción de emisario terrestre y la restitución del tramo difusor. El nuevo emisario terrestre servirá como conducción de vertidos de emergencia ante situaciones excepcionales, como consecuencia de los caudales de diseño de la nueva ampliación de la EDAR.

El emisario terrestre estará dividido en dos tramos, el Tramo 1 comprende la configuración desde la EDAR de Tías hasta la arqueta de rotura propuesta localizada en la parcela de la antigua EBAR Finlandia. Al final del Tramo 1 se ubica una válvula sostenedora de presión que garantiza que la mayor parte del tramo se encuentre siempre en carga para el amplio rango de caudales de vertido de la EDAR.

La primera parte del Tramo 1 del emisario terrestre, discurre paralelo al trazado del emisario existente (por la franja de Servidumbre de Dominio Público de Carreteras) hasta llegar a las inmediaciones de la carretera LZ-40. A partir de aquí, se ejecutarán dos tramos en hinca, para cruzar bajo la carretera LZ-40 y la Rbla. Islas Canarias. La conducción seguirá paralela a dicha carretera hasta llegar a la parcela de la antigua EBAR Finlandia, donde se ubica la arqueta de rotura propuesta.

El Tramo 2 se inicia en la arqueta de rotura propuesta ubicada en la parcela de la antigua EBAR Finlandia, hasta la arqueta de cabecera del emisario submarino. Esta discurrirá al oeste de la actual conducción del emisario terrestre, es decir, desde la parcela de la antigua EBAR Finlandia hacia el sur por la Calle Finlandia hasta la Calle Rociega, después por la Calle Nasa hasta encontrarse con el tramo existente en la Calle Frankfurt y continuar hasta los bajos del Centro Comercial Aquarium cruzando la Avenida de las Playas. En este tramo, se incluye en la parte final una conducción de by-pass que permita mantener los alivios a través del emisario de la EDAR de Tías mientras se ejecutan las obras en caso de que fuere necesario realizar reparaciones en el tramo que discurre por los bajos del Centro Comercial. Adicionalmente este by-pass podrá ser integrado dentro de la futura conducción de alivio de la EBAR de Aquarium, una vez que la entidad explotadora de dicha EBAR consiga los permisos de vertido necesarios, puesto que la actual conexión a través del emisario quedará desmantelada tras las obras.

El Tramo 3 se corresponde con el emisario submarino, donde se mantendrá la actual tubería principal del emisario existente, únicamente se actuará sobre el tramo difusor (que actualmente se encuentra desconectado). El tramo difusor propuesto estará formado por tubos de polietileno de alta densidad, donde la tubería principal constará de un DN630 mm. Se instalan mediante soldadura a tope 4 puertos de salida en tubería de polietileno de DN250 mm, con una separación de 8 metros.

Se dispondrán las necesarias cámaras para ubicación de ventosas y desagües siguiendo el siguiente criterio:

- Arquetas de desagüe ubicadas en los puntos bajos de la conducción.
- Arquetas de ventosa ubicadas en los puntos altos de la conducción.
- Arquetas de ventosa ubicadas a una distancia máxima de 800 metros.

Se colocarán arquetas en la posición de los pozos de ataque de las hincas, dentro de la zona de servidumbre de dominio público, con dimensiones suficientes para permitir la retirada de las tuberías alojadas en el interior de las camisas de las hincas en caso necesario. En el final de este tramo hincado se ubicará una arqueta de desagüe.

En la ubicación de la antigua EBAR Finlandia se instalará la arqueta de rotura y la válvula mantenedora de presión. Dicha arqueta constituye el mecanismo de control del régimen de funcionamiento de la conducción aguas arriba de la misma, por lo que su presión de tarado ha sido debidamente analizada en el ***Anejo 9. Cálculos hidráulicos***.

La conducción de emisario terrestre actual se conservará, desde la arqueta de salida de la EDAR hasta la cámara de carga junto a la antigua EBAR Finlandia, con el objeto de ser usada como by-pass de emergencia en caso de ser necesario por operaciones de mantenimiento de la nueva conducción o en cualquier otra circunstancia que así lo requiera. A tal efecto se dispondrán las conexiones y válvulas de aislamiento de la conducción necesarias en dichos puntos.

La longitud restante del actual emisario terrestre, a partir de la antigua EBAR Finlandia, quedará fuera de uso, hasta la cámara de conexión del alivio de la EBAR Aquarium. El tramo final que arranca de este último punto está previsto que sea acondicionado para su uso como conducción de descarga de la EBAR Aquarium, pero esos trabajos no son alcance de este Proyecto Constructivo. Por ello, se condenarán todas estas conexiones entre la conducción actual y la proyectada, independizando el alivio de la EBAR Aquarium del emisario.

3.2 Materiales

- Tramo 1: PVC-O PN 12.5
  PEAD PE100 SDR21 (tramo en hincas)
  Camisa de acero S355J2H
- Tramo 2: PEAD PE100 SDR21
- Tramo difusor: PEAD PE100 SDR21 (tramo principal)
  PEAD PE100 SDR21 (risers de salida)

3.3 Consideraciones sobre el tramo submarino

La inspección visual del emisario submarino concluye que se encuentra en buen estado estructural, y que la disposición en posición semienterrada de la tubería del emisario en casi la totalidad del trazado garantiza sobradamente su estabilidad. Además, los valores de velocidad para los nuevos caudales punta y de diseño de la conducción existente están dentro de un rango aceptable por lo que se concluye que es posible mantener la conducción actual para realizar el vertido en las conducciones futuras, si bien se debe disponer un nuevo tramo difusor, ya que el anterior no está operativo en la actualidad.

Para la reposición del tramo difusor, se propone una separación horizontal entre las boquillas de difusores superior al 25% de la profundidad en el punto de vertido. y un área sumada de las boquillas de difusores inferior al 80% del área de la sección de la conducción principal.

Se asume que la batimetría realizada en los años 2000-2001 está referida al nivel del mar local (NMMAr, es decir cero IGN) y no ha sufrido cambios sustanciales por no ser un área sometida a fuertes hidrodinámicas y por presentarse un borde costero de tipología dura, sustrato rocoso, considerándose adicionalmente que, si bien, a partir del submareal la cobertura es arenosa, al encontrarse fuera del perfil activo y en una zona de baja energía no se ha producido una variación sustancial de la configuración y las elevaciones.

Aplicando estos criterios se disponen 4 difusores de DN 250 mm y DI 220,40 mm, separados una distancia de 8 m entre sí, según se refleja en el ***Anejo 23. Tramo Difusor y Calculo de Lastrado***, y en el ***Documento Nº2 Planos***.

Se disponen elementos de lastrado necesarios para verificar la estabilidad frente a las acciones hidrodinámicas (oleaje y corrientes) de las tuberías sobre fondo de forma permanente. El diseño y la comprobación estructural de estos lastres se desarrolla en el ***Anejo 23. Tramo Difusor y Calculo de Lastrado***, y en el ***Documento Nº2 Planos***.

El procedimiento constructivo se detalla en el ***Anejo 16. Análisis de Procedimientos Constructivos*** y comprende las siguientes operaciones:

- Limpieza de la zona de fondeo y extracción de restos de tuberías y lastres
- Montaje en tierra del tramo difusor, ensamblado de lastres y colocado de válvulas para control de hundimiento
- Nivelación del terreno y dragado y enrasado de la zona de asentamiento del tramo difusor.
- Transporte mediante pontona hasta punto donde se realiza hundimiento controlado mediante equipo de buceadores.
- conexión del tramo difusor y verificación de correcta ejecución.

4. DATOS DE PARTIDA

4.1 Documentos de referencia

Previo al análisis de la información recopilada, se han tenido en consideración los siguientes documentos proporcionados por ACUAES.

- 2022. *Proyecto de ampliación y mejora de la EDAR de Tías (Isla de Lanzarote)*. Realizado por NORTH LINE.
- 2022. *Estudio de la afección medioambiental, actual y futura, del vertido del emisario submarino de Puerto del Carmen (Lanzarote)*. Realizado por ECOS.
- 2022. *Programa de Vigilancia y Control del emisario submarino de la EDAR de Tías, T.M de Tías (Isla de Lanzarote)*.
- 2023. *Estudio de Alternativas del Proyecto de Construcción de obras de adecuación y mejora del emisario submarino de la EDAR de Tías (Isla de Lanzarote)*. Realizado por PROES.

4.2 Caudales de diseño

Para el diseño de los distintos tramos de la conducción del emisario de la depuradora, se han considerado los caudales de diseño que producirá la depuradora una vez finalizada la ampliación de esta. Los caudales de diseño a futuro son los recogidos en el *"Proyecto de Ampliación y Mejora de la EDAR de Tías"*, que están proyectados a año horizonte 2035. A continuación, se puede ver un resumen de los cálculos y conclusiones que se han llevado a cabo para la obtención de los caudales que se ve con más detalle en el Proyecto mencionado.

El proyecto nombrado contempla la incorporación a la depuradora de Tías de los vertidos de las localidades de Yaiza y Uga. Al nuevo colector se incorporarán también las aguas residuales de Puerto Calero y, en un futuro, de los núcleos al norte de Tías, principalmente Conil, la Asomada y Mácher.

Los caudales correspondientes al año 2035 se han calculado partiendo de la dotación de abastecimiento y de la tasa de retornos (saneamiento/abastecimiento) del año 2018, que se han estimado en 198 l/hab/día y en el 85% respectivamente. Se ha partido de la población actual (de derecho + turística) y del consumo de agua correspondiente.

Aplicando el mismo crecimiento del periodo 2011-2019, se ha proyectado la población del año horizonte:

NÚCLEO	MUNICIPIO	2035
Tías	Tías	6.530
Puerto del Carmen	Tías	11.016
Yaiza	Yaiza	1.034
Uga	Yaiza	1.729
Puerto Calero	Yaiza	527
Conil	Tías	347

NÚCLEO	MUNICIPIO	2035
La Asomada	Tías	462
Mácher	Tías	1.601
	TOTAL	**23.246**

Tabla 1. Proyección de la población en el año horizonte.

El incremento general en la isla de Lanzarote en 18 años ha sido del 23,6%. Aplicando este mismo incremento para el cálculo de las plazas del área que será atendida por la EDAR en 2035, se obtiene un total previsto de plazas turísticas de 47.887.

Se ha aplicado este mismo incremento para el cálculo de las plazas hoteleras del núcleo de Puerto Calero. Se considera para el diseño una ocupación turística del 100%, siendo la ocupación real en agosto del 95,5%. Así pues, la población total servida (de derecho + turística) en 2035 será de:

23.246 + 47.887 = 71.133 habitantes.

Así pues, el caudal de diseño que se tuvo en cuenta en la EDAR en 2035, aplicando la dotación y la tasa de retornos calculadas será de 11.945 m^3/día.

Por lo tanto, los caudales que se han tenido en cuenta, una vez se ha realizado la ampliación de la EDAR, para el dimensionamiento de las conducciones del emisario terrestre son los que siguen a continuación:

- Caudal medio diario: 12.000 m^3/d (500 m^3/h, lo que representa un incremento del 50% respecto al de diseño de la planta depuradora en el estado actual).
- Caudal de punta horario de pretratamiento en la EDAR (Q_p): 1.650 m^3/h (lo que representa el by-pass general de la depuradora).

Para el cálculo de la conducción se tiene en cuenta el caudal máximo, es decir, el caudal punta horario del pretratamiento, que será el máximo caudal de llegada a la EDAR y el máximo caudal posible (en caso de by-pass) del emisario. De igual forma, se realizará una comprobación en la conducción para el caudal medio.

Además de dimensionar las conducciones para el caudal máximo, se realizará una comprobación hidráulica para comprobar que las conducciones funcionan adecuadamente para el caudal mínimo, verificando que se cumplen las velocidades mínimas en las tuberías.

- Caudal mínimo: 250 m^3/h (lo que representa el 50% del caudal medio diario).

Para el diseño de las conducciones de saneamiento en el casco urbano se tendrá en cuenta lo establecido en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote (2021-2027), que señala en su Artículo 42 lo siguiente:

- La red de drenaje urbana deberá tener una capacidad de recogida y evacuación de aguas pluviales asociada al período de retorno de T = 25 años.

4.3 Calidad del efluente

En el Proyecto de ampliación de la EDAR de Tías podemos ver todos los procesos y calidades de la EDAR. A continuación, se expone un resumen de la calidad del efluente, el cual justifica el correcto funcionamiento del emisario tanto terrestre como submarino, ya que proporcionarán la mejora de la calidad de las aguas que llegan al medio receptor, al mejorar el proceso de dilución de las aguas procedentes de la EDAR.

Se trata de una planta de vertido cero. Todos los efluentes se reutilizan. Se establece la Categoría de calidad de las aguas regeneradas A. Se trata de la Categoría más exigente en cuanto a calidad del agua.

Los requisitos de calidad de las aguas regeneradas son:

CATEGORÍA DE CALIDAD DE LAS AGUAS REGENERADAS	OBJETIVO INDICATIVO TECNOLOGÍA	REQUISITOS DE CALIDAD					
		E. COLI (UFC/100 ML)	DBO_5 (MG/L)	TSS (MG/L)	TURBIDEZ (NTU)	OTROS	OTROS
A	Tratamiento secundario, filtración y desinfección	≤ 10 o inferior al límite de detección	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Nematodos intestinales (huevos de helmintos): ≤1 huevo/l para el riego de pastos o forraje	Legionella ssp.: <1000 UFC/l cuando exista riesgo de aerosolización en invernaderos. Nematodos intestinales (huevos de helmintos): ≤ 1 huevo/l para el riego de pastos o forraje

Tabla 2. Requisitos de calidad de las aguas regeneradas R.D. 1620/2007 de 7 de diciembre

De acuerdo con el Decreto 154/17, del Consejo Insular del Aguas de Lanzarote, relativo a la autorización de depuración y vertido de la EDAR Tías, el agua depurada tendrá que cumplir una calidad mínima antes de ser devuelta al ciclo hidrológico, subsuelo o cualquier otro medio de recepción.

La envolvente de los requisitos indicados en las diferentes normativas y autorizaciones, teniendo en cuenta que el 100% del agua tratada en la EDAR deberá poder ser reutilizada, representa los siguientes valores para los cuales se diseñará el proceso:

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	REGLAMENTO
DBO_5	10	mg/l	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización
DQO	125	mg/l	Directiva 91/271/CEE y AV
SS	10	mg/l	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización
Nitrógeno total	10	mg/l	Propuesto para diseño
Nitrógeno amoniacal	1	mg/l	Propuesto para diseño
Nitratos $N\text{-}NO_3$	8	mg/l	Propuesto para diseño
Fósforo total	-	mg/l	No exigido
Turbidez	5	mg/l	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	REGLAMENTO
pH	Entre 6 y 9		Autorización vertido emisario
E. Coli	10	UFC/100 ml	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización
Enterococos intestinales	100	UFC/100 ml	Directiva aguas baño
Reducción E.Coli (cadena de tratamiento) >	5,0	log 10	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización
Reducción colífagos (cadena de tratamiento) >	6,0	log 10	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización
Reducción Clostridium o Cryptosporidium (cadena de tratamiento) >	5,0	log 10	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización
Nematodos intestinales	1	huevo/l	Autorización Reutilización
Legionella ssp.	1.000	UFC/l	Propuesta Reglamento Europeo Reutilización

4.4 Condiciones del Medio Marino

A continuación, se presentan las principales características y variables meteoceánicas del entorno, actualizando los valores recogidos en el Informe de ECOS de 2021 con los registros más recientes disponibles.

4.4.1 Temperatura superficial del mar

Los siguientes gráficos se extraen de la base de datos de Puertos del Estado del punto Satelital Sentinel 4058020, el cual se encuentra en las inmediaciones de Puerto del Carmen (lon: 13,67ºO – lat: 28,92ºN), como se observa en la siguiente figura



Figura 1. Posición del punto de datos del Satélite Sentinel 4058020.

Los datos de temperatura superficial del mar son extraídos a partir de los productos WST-Non Time Critical de Sentinel-3 producidos por EUMETSAT (European Organisation for the Exploitationm of Meteorological Satellites). Podemos ver un resumen de las temperaturas desde el año 2016 hasta la actualidad.

Mes	Temperatura °C	Año	Día	Hora
Enero	23.8	2022	7	22
Febrero	21.45	2022	6	22
Marzo	22.12	2020	6	22
Abril	21.38	2022	3	10
Mayo	26.94	2019	14	11
Junio	24.02	2023	28	22
Julio	24.01	2020	6	22
Agosto	25.01	2021	15	22
Septiembre	25.35	2021	26	10
Octubre	28.19	2020	15	10
Noviembre	23.45	2019	7	10
Diciembre	22	2021	30	22

Figura 2. Temperatura superficial del mar. Máximas mensuales del periodo 2016-2023.

Mes	Temperatura °C	Año	Día	Hora
Enero	15.04	2022	1	22
Febrero	13.11	2017	6	22
Marzo	13.74	2019	12	22
Abril	14.96	2019	24	23
Mayo	15.05	2021	8	22
Junio	17.23	2018	11	22
Julio	17.91	2018	12	22
Agosto	19.62	2019	6	23
Septiembre	17.86	2016	24	22
Octubre	17.94	2017	11	22
Noviembre	17.07	2019	26	23
Diciembre	12.2	2019	30	22

Figura 3. Temperatura superficial del mar. Mínimas mensuales del periodo 2016-2023.

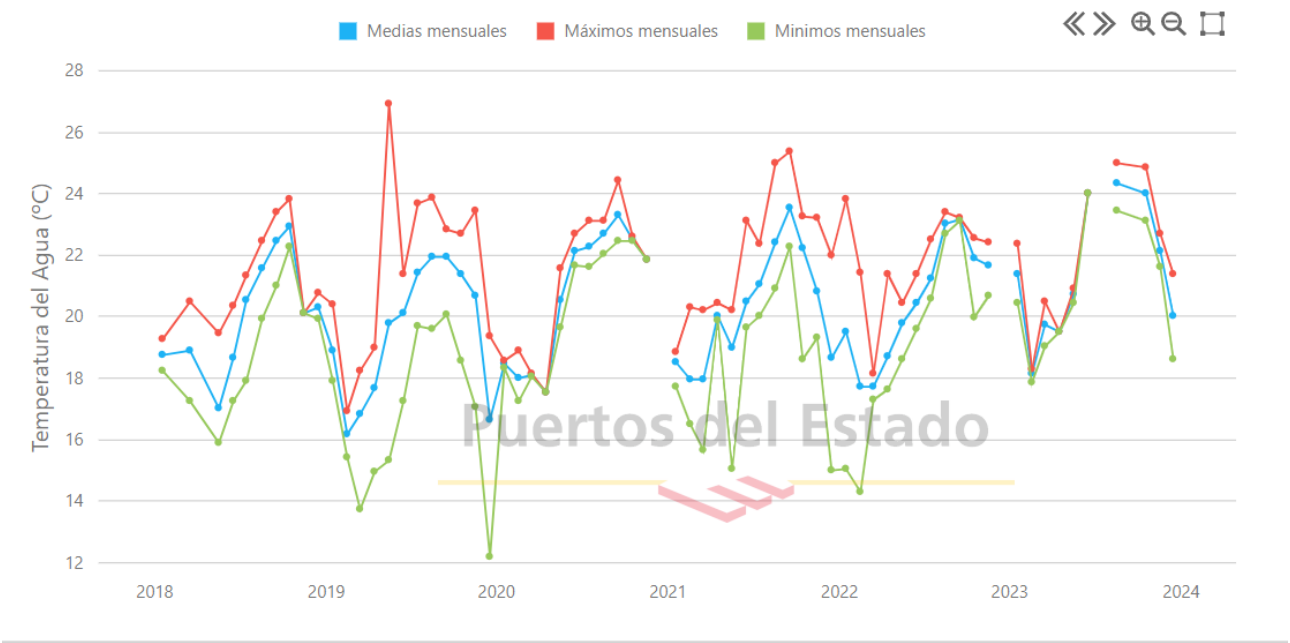


Figura 4. Serie temporal de temperatura superficial del mar, periodo 1-ene-2018 al 31-dic-2023.

4.4.2 Características del agua del mar

Del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) de 2021 de ECOS podemos encontrar los perfiles de temperatura y salinidad de febrero, abril, junio, agosto, octubre y de diciembre. Los perfiles van de superficie hasta unos 15-17 metros de profundidad. Cabe señalar que la temperatura del mar a lo largo del año varía hasta 4ºC. Los parámetros que se recogen como finales en el PVA nombrado son los que siguen.

- Media de la temperatura superficial: 20,8 ºC.
- Media de la temperatura de fondo: 20,6 ºC.
- Media de la salinidad superficial: 36,62 pu
- Media de la salinidad fondo: 36,61 pu
- Media de la densidad superficial: 1025,50 kg/m^3.
- Media de la densidad fondo: 1025,65 kg/m^3.

4.4.3 Parámetros meteoceánicos

Oleaje

Las siguientes figuras se extraen de la base de datos de Puertos del Estado, del conjunto de datos SIMAR. En concreto se ha seleccionado el punto SIMAR 4058020, el cual se encuentra frente a la costa de Puerto del Carmen, véase la siguiente figura.

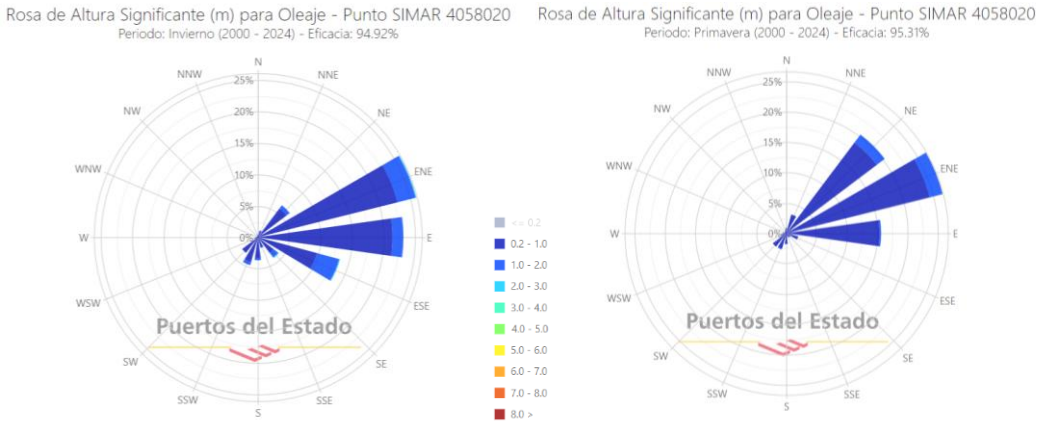


Figura 5. Posición del punto SIMAR 4058020.

A continuación, se presenta la distribución conjunta del periodo de pico (Tp) y la altura significativa de la ola (Hs).

Eficacia: 95.12%		Periodo de Pico (s)											Total
		<= 2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0 >	
Altura Significante (m)	<= 0.5	*0.525*	10.948	16.579	14.852	6.032	4.142	3.878	2.566	2.723	0.630	0.129	63.003
	1.0	*0.004*	2.910	8.473	12.500	5.403	0.672	0.532	0.386	0.469	0.343	0.145	31.837
	1.5	-	0.009	1.163	1.029	1.853	0.247	0.027	0.030	0.009	0.010	0.005	4.381
	2.0	-	-	0.104	0.323	0.145	0.091	0.006	-	-	-	0.000	0.669
	2.5	-	-	0.000	0.066	0.011	0.029	-	-	-	-	-	0.106
	3.0	-	-	-	0.001	0.000	0.002	-	-	-	-	-	0.004
	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.0 >	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		*0.529*	13.867	26.319	28.771	13.444	5.182	4.444	2.982	3.200	0.983	0.280	100%

Tabla 3. Periodo de pico (Tp(s)) - Altura de ola significativa (Hs (m)), en %, periodo 2000-actualidad.



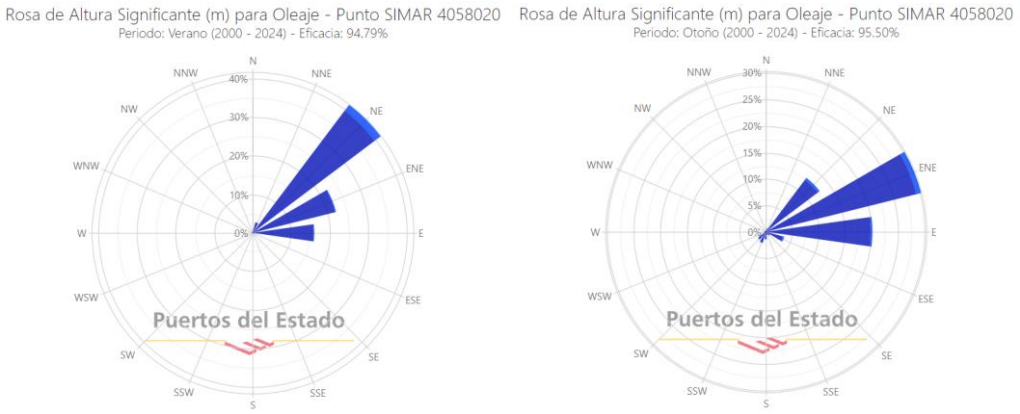


Figura 6. Rosas de oleaje anual estacional periodo 2000 – actualidad.

Las alturas de ola se encuentran recogidas en una horquilla de entre 0 y 3 metros, representando entre 0 y 1,5 metros el 98,9% de la frecuencia de ocurrencia. Además, estas alturas coinciden con frecuencias del oleaje de entre 4-8 segundos con una frecuencia conjunta del 58,4%. El estado de mar más habitual presente se corresponde con una Hs de 15 m y un Tp de 8 s.

Nivel del mar

Los datos de nivel del mar se han tomado del Mareógrafo de Lanzarote – Arrecife, el cual está operativo desde marzo de 2008. Se encuentra al noreste de Puerto del Carmen, véase la siguiente figura con su localización.



Figura 7. Posición del mareógrado de Lanzarote – Arrecife.

El régimen mareal en Canarias es semidiurno, es decir hay 2 carreras de marea diarias. La marea tiene dos componentes una astronómica y predecible a largo plazo por responder a armónicos conocidos y una componente meteorológica denominada también residuo.

Los niveles observados y astronómicos se presentan en la siguiente tabla.

	Niveles (cm)							
	Observados				Marea astronómica			
	Máx	Mín	Med	D.E.	Máx	Mín	Med	D.E.
Pleamar	350	192	270	29	347	194	268	29
Bajamar	158	14	89	28	161	19	91	27
Pleamar viva	350	276	312	18	348	276	309	17
Bajamar viva	122	14	53	18	88	19	55	16
Pleamar muerta	266	192	228	13	252	194	225	12
Bajamar muerta	158	102	131	12	161	109	133	11

Tabla 4. Niveles (bajamares y pleamares (cm)) observados y de marea astronómica.

A continuación, se presentan los gráficos que muestras la frecuencia de distribución de las dos componentes de la marea (astronómica y residuo), así como la suma de ambas, lo que conocemos como nivel del mar.

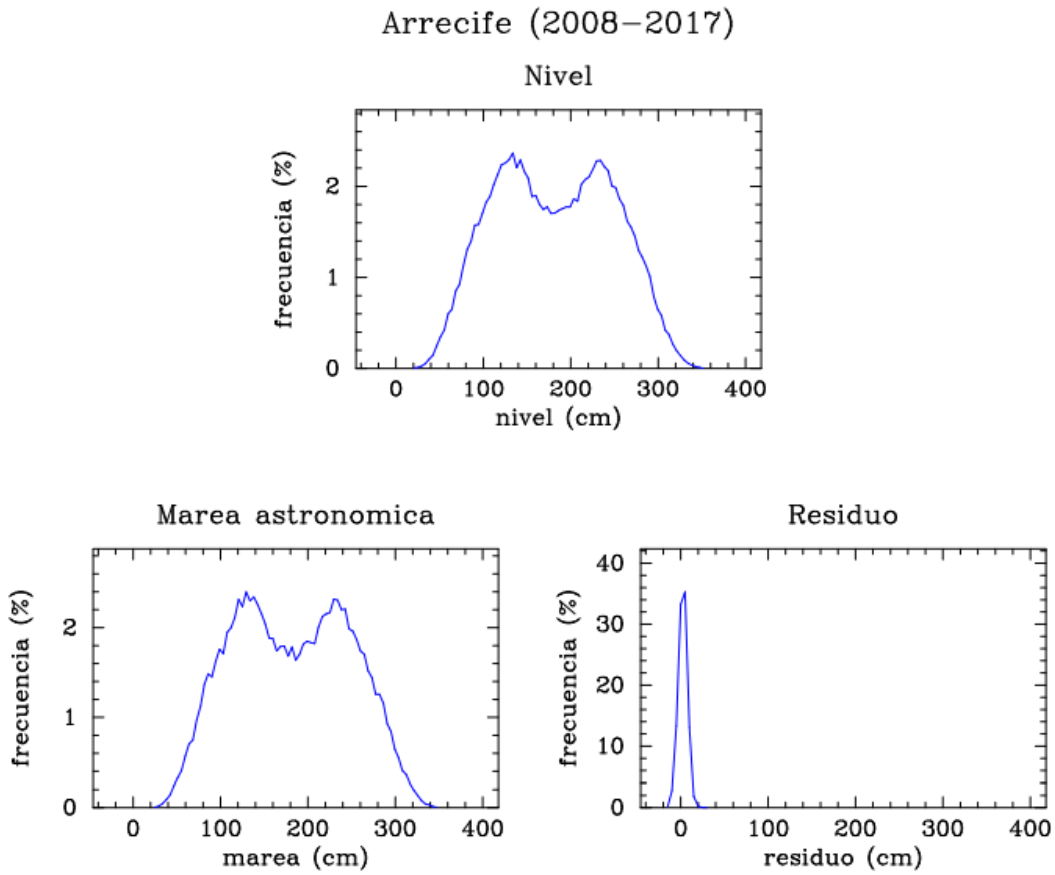


Figura 8. Componentes del nivel del mar. Distribución de la frecuencia relativa del nivel del mar observado (Nivel), marea astronómica y residuos meteorológico.

Por último, atendiendo a la fecha hasta la que es proyectado los caudales de la EDAR, año 2035, y en base a los registros del puerto de las medias mensuales de la serie 2008-2017 la tendencia de subida del nivel del mar es la que se muestra en la siguiente figura.

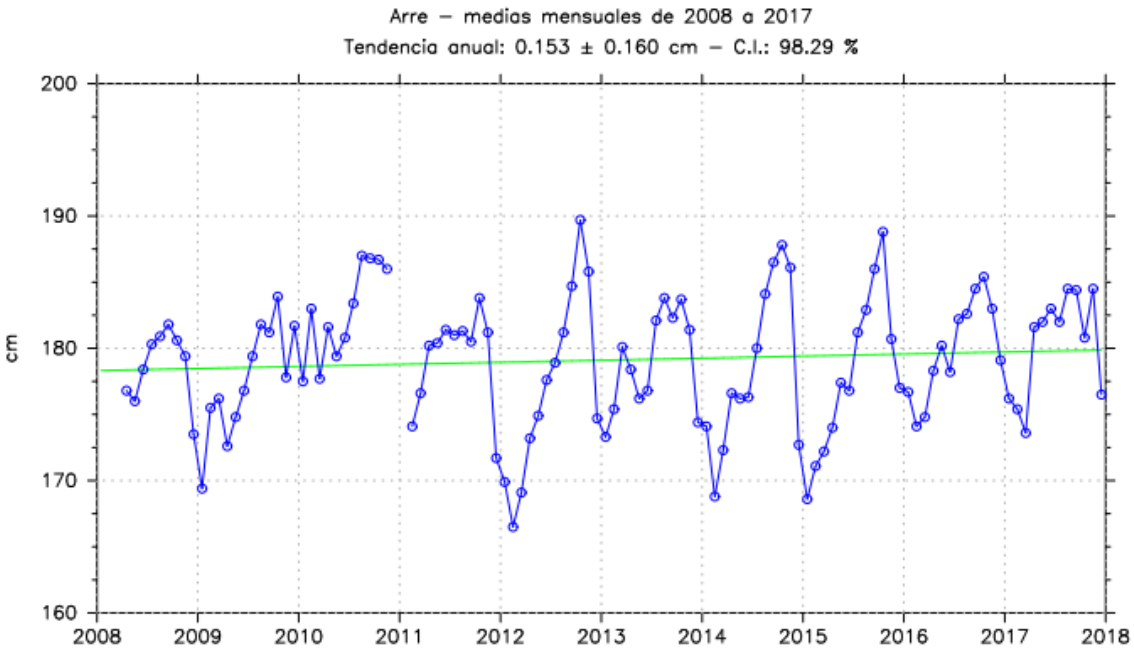


Figura 9. Medias mensuales de nivel medio (cm) y línea de tendencia.

Siendo la magnitud de la tendencia anual y error asociado de 0,153 ± 0,16 cm. Y, atendiendo al posible periodo concesionado, supuesto año 2035 se habría producido una subida del nivel del mar de entre 2,58 a 2,9 cm.

5. CRITERIOS DE DISEÑO

5.1 Guías técnicas

- DNV-OS-F101: Submarine pipeline systems (agosto 2021).
- DNV-RP-C205: Environmental Conditions and Environmental Loads (septiembre 2019).
- AWWA M55: PE pipe design and installation. Manual of wáter supply practices. (2006).
- PLASTICS PIPE INSTITUTE (PPI). Handbook of Polyethylene Pipe, Ch.12 “Horizontal Directional Drilling”.
- Manual Técnico para instalaciones submarinas de tuberías de Polietileno. Pipelife Norge AS.
- Real decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

5.2 Normativa de referencia

- Orden de 13 de julio de 1993 por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar.
- UNE-EN 12201-2:2012+A1: Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y saneamiento con presión. Polietileno (PE).
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Se modifica determinados preceptos, por Ley 9/2018, de 5 de diciembre.
- Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.
- UNE 53331:2020: Plásticos. Tuberías de Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), Policloruro de vinilo orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas.
- Ministerio de Fomento. “Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02)”. (Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre de 2002).
- Ministerio de Vivienda. “Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-AE Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación”. (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo de 2006).
- Mapa de peligrosidad sísmica de España 2015”, Instituto Geográfico Nacional.
- Ministerio de la Presidencia. “Código Estructural”. (Real Decreto 470/2021 de 29 de junio de 2021)
- Eurocódigo 2: “Proyecto de estructuras de Hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón” (UNE-ENV 1992-2 de diciembre de 1997).

5.3 Sistema de coordenadas

El sistema de coordenadas de referencia para los trabajos es el datum WGS84, proyectado en sistema UTM sobre la zona 28R.

El cero de referencia del proyecto es el nivel medio del mar, cero del IGN de las altitudes en la isla de Lanzarote.

5.4 Sistema de unidades

	MAGNITUD	UNIDAD		
		NOMBRE	SÍMBOLO	EXPRESIÓN EN UNIDADES BÁSICAS
UNIDADES BÁSICAS	Longitud	Metro	m	-
	Masa [1]	Kilogramo (Tonelada)	kg (t)	-
	Tiempo [2]	Segundo (Minuto) (Hora) (día)	s (min) (h) (d)	-
	Intensidad de corriente eléctrica	Amperio	A	-
	Temperatura termodinámica [3]	Kelvin (Grados Celsius)	K (ºC)	-
	Cantidad de sustancia	Mol	mol	-
	Intensidad luminosa	Candela	Cd	-
UNIDADES DERIVADAS	Superficie	-	-	m^2
	Volumen [4]	- (Litro)	- (l)	m^3 ($1\ l = 10^{-3}\ m^3$)
	Velocidad	-	-	m/s
	Aceleración	-	-	m/s^2
	Número de onda	-	-	m^{-1}
	Masa en volumen (densidad)	-	-	kg/m^3
	Caudal en volumen	-	-	m^3/s
	Caudal másico	-	-	kg/s
	Velocidad angular	-	-	rad/s
	Frecuencia	Herzio	Hz	s^{-1}
	Fuerza	Newton	N	$mkgs^{-2}$
	Presión, tensión [5]	Pascal (Bar)	Pa (bar)	$m^{-1}kgs^{-2}$ (Nm^{-2}) ($1\ bar = 10^5\ Pa$)
	Energía, trabajo, cantidad de calor	Julio	J	m^2kgs^{-2} (Nm)

[1] El RD1317/1989 admite para la magnitud “masa” la unidad “tonelada”, con símbolo “t”.
[2] El RD1317/1989 admite “minuto” (min), “hora” (h) y “día” (d) como unidades derivadas del segundo.
[3] El RD1317/1989 establece la posibilidad de utilizar la unidad “grado Celsius” para la temperatura, pero no especifica cuál es el símbolo a emplear. En ausencia de símbolo se entiende por tanto como válida la abreviatura “ºC”.
[4] El RD1317/1989 admite el uso de la unidad “bar” para la medida de presiones o tensiones.

5.5 Parámetros de diseño

5.5.1 Hidráulicos

En las siguientes tablas se resumen los parámetros generales que se han utilizado para el dimensionamiento de las conducciones de dicho Proyecto Constructivo.

Condiciones generales	
Caudal punta (m^3/h)	1.650

Condiciones generales	
Caudal medio (m^3/h)	500
Caudal mínimo (m^3/h)	250
Aceleración de la gravedad (m/s^2)	9,81
Cota de la profundidad del punto de vertido (m)	-31,20
NMMar (m)	+0,00 (IGN)
Cota de la pleamar referida NMMar (m)	+1,76
Cota de la bajamar referida NMMar (m)	-1,52

Tabla 5. Parámetros de diseño para las conducciones del emisario.

La normativa y los requisitos de diseño que se han tenido en cuenta para el dimensionamiento de las conducciones que se incluyen en este Proyecto Constructivo son los que se recogen en la siguiente tabla.

Requisitos de las conducciones	Normativa
Pendiente de las conducciones comprendidas entre 1-4%.	Canal de Isabel II (Saneamiento).
Velocidad mínima mayor a 0,6 m/s (1).	Canal de Isabel II (Saneamiento).
Velocidad máxima menor a 5 m/s.	Canal de Isabel II (Saneamiento).
Cobertura mínima 1,00 m.	Normas UNE-EN 295.
Distancia mínima de punto de vertido a línea de costa >500 m.	BOE-A-1993-19593.
Dilución inicial mínima para vertidos de aguas residuales urbanas mayor de 80:1, durante más del 95% del tiempo, y mayor que 100:1, en los casos en que, por no existir estratificación o por ser ésta poco acusada, la mezcla alcance la superficie.	BOE-A-1993-19593.
Periodo de retorno para drenaje urbano T = 25 años.	Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Lanzarote (2021-2027).

(1) Debido a la gran variabilidad entre el caudal máximo y el mínimo de vertido se aceptan velocidades mínimas de diseño de 0,25 m/s para el caudales cercanos al mínimo a lo largo de toda la conducción.

Tabla 6. Requisitos de diseño de las conducciones.

Parámetros hidráulicos de diseño	
Viscosidad cinemática del agua dulce (efluente) (m^2/s)	$1{,}070 \times 10^{-6}$
Viscosidad cinemática del agua de mar (m^2/s)	$1{,}146 \times 10^{-6}$
Peso específico del agua dulce (kg/m^3)	1.000
Peso específico del agua de mar (kg/m^3)	1.025
Peso específico del efluente (kg/m^3)	997
Coeficiente de rugosidad PVC (mm)	0,1
Coeficiente de rugosidad PEAD (mm)	0,1
Coeficiente pérdidas de carga localizadas de entrada	0,5
Coeficiente pérdidas de carga localizadas de salida	1
Coeficiente pérdidas de carga localizadas codo 90º	0,5

Parámetros hidráulicos de diseño	
Coeficiente pérdidas de carga localizadas codo 45º	0,4
Coeficiente pérdidas de carga localizadas codo 22,5º	0,3
Coeficiente pérdidas de carga localizadas codo 11,25º	0,2
Coeficiente pérdidas de carga localizadas codo 7º	0,1
Coeficiente de pérdidas de carga localizada en válvula sostenedora	6
Coeficiente de pérdidas de carga localizada en válvulas	0,35

Tabla 7. Parámetros hidráulicos de diseño para las conducciones.

5.5.2 Mecánicos

Tuberías de PEAD

Para el cálculo mecánico de las conducciones de polietileno se han considerado los siguientes parámetros de diseño:

- Módulo de elasticidad aparente del PEAD: E= 150 MPa = 21.755,7 psi.
- Módulo de elasticidad del suelo natural: E'_N= 10,34 MPa = 1.500 psi.
- Módulo de elasticidad del relleno: E′= 13,79 MPa = 2.000 psi.

- Peso específico del suelo natural: w = 2.000 kg/m^3 = 124,86 pcf.
- Altura máxima de tierras sobre la tubería caso estudio 1: H = 3,31 m.
- Altura máxima de tierras sobre la tubería caso estudio 2: H = 3,41 m.

El valor del módulo de elasticidad del suelo natural E´$_N$, se ha estimado en 1.500 psi estando del lado de la seguridad, que se corresponde con un suelo granular suelto medio, de acuerdo con la tabla 5-9 del manual M55 de la AWWA:

Table 5-9 Values of E'_N, modulus of soil reaction for native soil, from Howard[14]

Native In Situ Soils				
Granular		Cohesive		
Std. Penetration ASTM D1586, *blows/ft*	Description	Unconfined Compressive Strength (TSF)	Description	E'_N *(psi)*
>0–1	very, very loose	>0–0.125	very, very soft	50
1–2	very loose	0.125–0.25	very soft	200
2–4	very loose	0.25–0.50	soft	700
4–8	loose	0.50–1.00	medium	1,500
8–15	slightly compact	1.00–2.00	stiff	3,000
15–30	compact	2.00–4.00	very stiff	5,000
30–50	dense	4.00–6.00	hard	10,000
>50	very dense	>6.00	very hard	20,000
Rock	—	—	—	≥50,000

Figura 10. Módulo de elasticidad del suelo nativo.

El valor del módulo de elasticidad del suelo de relleno E´, se considera mayor que el del suelo natural ya que al usar este mismo suelo como material de relleno se podrán alcanzar una compactación y cohesión mayores, se corresponde a un suelo granular con más del 12% de finos con compactación moderada a alta, de acuerdo con la tabla 5-7 del manual M55 de la AWWA.

Table 5-7 Bureau of Reclamation values for E', modulus of soil reaction

Soil Type-Pipe Bedding Material (Unified Classification System)*	E' for Degree of Bedding Compaction, $lb/in.^2$			
	Dumped	Slight, <85% Proctor, <40% relative density	Moderate, 85%–95% Proctor, 40%–70% relative density	High, >95% Proctor, >70% relative density
Fine-grained soils (LL > 50)† Soils with medium to high plasticity CH, MH, CH-MH	No data available: consult a soil engineer, or use $E' = 0$.			
Fine-grained soils (LL < 50) Soils with medium to no plasticity CL, ML, ML-CL, with less than 25% coarse grained particles	50	200	400	1,500
Fine-grained soils (LL < 50) Soils with medium to no plasticity CL, ML, ML-CL, with more than 25% coarse grained particles	150	400	1,000	2,500
Coarse-grained soils with fines GM, GC, SM, SC‡ contains more than 12% fines				
Coarse-grained soils with little or no fines GW, GP, SW, SP‡ contains less than 12% fines	200	700	2,000	3,000
Crushed rock	1,000	1,000	3,000	3,000
Accuracy in terms of percentage deflection§	±2%	±2%	±1%	±0.5%

Figura 11. Módulo de elasticidad del suelo relleno.

Tuberías de PVC-O

Para el cálculo mecánico de las conducciones de PVC-O se han considerado los siguientes parámetros de diseño:

- Módulo de elasticidad en flexión transversal del PVC-O: E_t= 2800 MPa = 2800 N/mm².
- Módulo de elasticidad del suelo natural: E_3=E_4= 10,34 MPa = 10,34 N/mm².
- Módulo de elasticidad del relleno: E_1=E_2= 13,79 MPa = 13,79 N/mm².
- Peso específico del suelo natural: w = 2.000 kg/m³ = 20 kN/m³.
- Altura máxima de tierras sobre la tubería caso estudio 1: H = 5,142 m.
- Altura máxima de tierras sobre la tubería caso estudio 2: H= 2,340 m.
- Altura máxima de tierras sobre la tubería caso estudio 3: H = 2,735 m.
- Presión máxima de la conducción: P = 36,04 m.c.a.
- Presión nominal de la tubería: PN = 12,5 bar

5.5.3 Estructurales

Materiales

- **Hormigón:**

- Clase: HA-25/B/20/XC2.
- Vida útil: 100 años.
- Recubrimiento: 50 mm en condiciones normales, y de 75 mm para los elementos hormigonados contra el terreno.

Acciones de diseño

- **Peso propio:**
  - Hormigón armado: 25,00 kN/m³.
  - Hormigón en masa: 23,00 kN/m³.
- **Acciones gravitatorias del terreno:** Se obtienen de acuerdo con la geometría de los rellenos sobre los elementos estructurales considerando una densidad del terreno de 20,00 kN/m³, salvo que se especifique lo contrario.
- **Acciones del terreno sobre muros:**
  - Peso específico aparente: γ = 20,00 kN/m³.
  - Cohesión: c = 0,00 kPa.
  - Ángulo de rozamiento interno: $\alpha = 35^{\circ}$.
  - Ángulo de rozamiento terreno-muro: $\delta = 23{,}3^{\circ}$ y ángulo superficie talud: $\beta = 0^{\circ}$.
- Acciones accidentales: Son fundamentalmente el sismo, el incendio y los posibles impactos.
  - Acción del sismo: No se considera.