



ANEXO 10. COMPROBACIÓN HIDRÁULICA DEL EMISARIO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CONDICIONANTES DE PARTIDA.....	3
3. CONDICIONANTES DE CÁLCULO	4
3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS	4
3.2 CARACTERÍSTICAS DE CÁLCULO DE EPANET	5
3.3 COEFICIENTES DE PÉRDIDAS CONSIDERADOS.....	7
4. ESQUEMA DE CÁLCULO DEL MODELO	8
4.1 CALCULO DE LA CAPACIDAD MÁXIMA	8
5. HIPÓTESIS DE CALCULO	10
5.1 HIPÓTESIS Nº1: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EDAR	10
5.2 HIPÓTESIS Nº2: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EBAR	10
5.3 HIPÓTESIS Nº3: FUNCIONAMIENTO CONJUNTO CON TODO EL SISTEMA ABIERTO.....	10
5.4 HIPÓTESIS Nº4: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=92,22 l/s	11
5.5 HIPÓTESIS Nº5: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=92,22 l/s.....	11
5.6 HIPÓTESIS Nº6: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=53,08 l/s	11
5.7 HIPÓTESIS Nº7: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=53,08 l/s.....	11
6. RESULTADOS OBTENIDOS	12
6.1 HIPÓTESIS Nº1: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EDAR	12
6.2 HIPÓTESIS Nº2: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EBAR	14
6.3 HIPÓTESIS Nº3: FUNCIONAMIENTO CONJUNTO CON TODO EL SISTEMA ABIERTO.....	17
6.4 HIPÓTESIS Nº4: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=92,22 l/s	18
6.5 HIPÓTESIS Nº5: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=92,22 l/s.....	20
6.6 HIPÓTESIS Nº6: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=53.08 l/s	20
6.7 HIPÓTESIS Nº7: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=53,08 l/s.....	22



7. RESUMEN DE RESULTADOS	25
8. CONSIDERACIONES SOBRE LOS ANÁLISIS REALIZADOS	26
8.1 HIPÓTESIS Nº1 Y Nº2	26
8.2 HIPÓTESIS Nº3	26
8.3 HIPÓTESIS Nº4 Y Nº5	27
8.4 HIPÓTESIS Nº6 Y Nº7	27
9. MODELIZACIÓN FUNCIONAMIENTO CONJUNTO EDAR-EBAR.....	27
10. AUTOLIMPIEZA	31
10.1 SOLUCIÓN Nº1: REDUCCIÓN DIÁMETROS TRAMO DIFUSOR.....	32
10.2 SOLUCIÓN Nº2: COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD DE AUTOLIMPIEZA.....	36
10.3 TIEMPO DE LIMPIEZA	37
11. VELOCIDAD CRÍTICA DE ACUMULACIÓN DE AIRE INTERIOR.....	37
11.1 DIMENSIONAMIENTO DE VENTOSAS	38
12. RESUMEN.....	41

APÉNDICE 1.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº1

APÉNDICE 2.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº2

APÉNDICE 3.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº3

APÉNDICE 4.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº4

APÉNDICE 5.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº5

APÉNDICE 6.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº6

APÉNDICE 7.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº7

APÉNDICE 8.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS FINAL (EDAR)

APÉNDICE 9.- INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS FINAL (EBAR)



ANEXO 10. COMPROBACIÓN HIDRÁULICA DEL EMISARIO

1. INTRODUCCIÓN

Para la comprobación hidráulica de los diferentes tramos que componen el emisario de Porto Colom, se ha utilizado el programa de modelización de flujo a presión EPANET.

El programa permite estudiar el comportamiento hidráulico de una red de tuberías que trabajan a presión. Para ello, se deben definir diferentes condiciones de contorno que permitirán modelizar y plasmar correctamente el funcionamiento del sistema.

Para ello, inicialmente se definirán los puntos de aporte de caudal, en nuestro caso se ha optado por introducir dos embalses, el primero de ellos simula el caudal proveniente de la EDAR de Porto Colom y, el segundo, simula el alivio de caudal proveniente de la EBAR que entraría en funcionamiento en caso de avería en el sistema de bombeo.

2. CONDICIONANTES DE PARTIDA

Como se ha detallado anteriormente, uno de los principales aspectos para iniciar el diseño es determinar el punto de aporte de caudal, las cotas de los puntos relevantes del sistema y las longitudes de las tuberías, así como, las características de las mismas. Por lo tanto, tenemos que:

- **EMBALSE 1 (INICIO CARGA PK 0+512.27):** simula el aporte desde la EDAR de Porto Colom. Como se podrá observar en el modelo, se ha iniciado el cálculo desde el último pozo registrable. Desde el inicio del tramo terrestre en la EDAR hasta el último pozo registrable, nos encontramos en el trazado varios pozos de registro que actúan como cámara de rotura de carga, evitando que durante aproximadamente 512,27 m el tramo terrestre entre en carga. Es por esto que se ha considerado el inicio de aporte de caudal a partir del Pk 0+512.27. En este punto del trazado la cota del fondo del tubo es de 19,05 m.
- **TRAMO TERRESTRE DESDE EDAR (PVC_DN400_EDAR):** primer tramo terrestre que transporta el caudal desde el punto de aporte considerado (cota 19,05 m y Pk 0+512.27) hasta el entronque (Pozo Nº2) con el tramo marino y el aliviadero proveniente de la EBAR. El punto se ubica en el Pk 0+833.09 a la cota 1,2 m. El tramo completo se modeliza con tubería de PVC DN400 con una longitud aproximada de 320,82 m.
- **EMBALSE 2 (EBAR):** se considera en este caso que el tubo entra en presión en la salida de la EBAR a la cota aproximada de 9,14 m en todo el trazado.
- **TRAMO TERRESTRE DESDE EBAR (PVC_DN400_ALIVIADERO):** toda la tubería trabaja a presión desde su inicio en la EBAR pasando de la cota 19,05 m (EBAR) hasta la cota disponible en el entronque



(Pozo Nº2) cuyo valor es de 1,2 m. El tramo tiene una longitud aproximada de 210 m con tubería de PVC DN400.

- **NUEVO TRAMO DE 180 m:** el tramo se modeliza como conexión entre el entronque que recibe el efluente de la EDAR – EBAR con el tramo marítimo. El tramo se diseña con un tubo de PVC DN400 con una longitud de 180 m. Debido a que el tramo parte del Pozo Nº2, la cota inicial es de 1,2 m hasta el punto 1 donde la cota disminuye hasta -1,00 m.
- **TRAMO MARINO:** el tramo anterior se conecta con el tramo marino, diseñado con tubo de PEAD DN315 de longitud igual a 1204,92 m. El tramo inicia en la cota -1 m y finaliza antes de la conexión del tramo difusor en la cota -25 m.
- **TRAMO DIFUSOR:** el tramo se compone de seis bocas difusoras de diámetro 70 mm separadas aproximadamente 10,00 m. Por lo tanto, la longitud total del tubo principal del difusor es de 50 m. Se considera inicialmente que los 50 m de tubería son de PEAD DN315.

El programa permite modelizar el flujo de caudal desde dos puntos de vista:

- El primero se corresponde con la determinación de la capacidad máxima del sistema, teniendo en cuenta de forma independiente el aporte de caudal desde la EDAR como desde la EBAR. En este caso se asemejan las bocas difusoras a embalses con una altura igual a la profundidad de las bocas (altura de agua existente sobre ellas) incluyendo la altura de la marea más desfavorable, de valor igual a 0,5 m. Con este primer modelo se consigue determinar la distribución del caudal a través de las bocas difusoras.
- El segundo modelo se realiza teniendo en cuenta el caudal que realmente circula a través de las tuberías, es decir, el caudal que realmente aportará tanto la EDAR como la EBAR. Con la distribución de caudales por difusor obtenida en el primer modelo se ubican nudos que modelizan la salida de cada difusor y se le asigna la parte proporcional del caudal que realmente verterá cada uno de ellos.

3. CONDICIONANTES DE CÁLCULO

Para el cálculo se han tenido en cuenta las siguientes características de la red, tanto en los aspectos geométricos de las tuberías consideradas como el modelo de cálculo.

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS

Los tubos considerados en el cálculo son de PVC para el tramo terrestre existente del emisario que no se sustituye y PEAD para el resto de tramos. En ambos casos el coeficiente de rugosidad considerado corresponde con la rugosidad absoluta del material que es aproximadamente 0,009 mm

- **TRAMO TERRESTRE DESDE EDAR:**
PVC DN400 PN10 DIÁMETRO INTERIOR 369.40 mm



- **TRAMO TERRESTRE DESDE EBAR (PEAD_DN400_ALIVIADERO):**

PEAD DN400 PN10 DIÁMETRO INTERIOR 369.40 mm

- **NUEVO TRAMO DE 180 m:**

PEAD DN400 PN10 DIÁMETRO INTERIOR 369.40 mm

- **TRAMO MARINO:**

PEAD DN315 PN10 DIÁMETRO INTERIOR 277,60 mm

- **TRAMO DIFUSOR:**

PEAD DN315 PN10 DIÁMETRO INTERIOR 277,60 mm

- **SALIDA DIFUSORES:**

BOCA EN TUBO PRINCIPAL DE 70 mm

3.2 CARACTERÍSTICAS DE CÁLCULO DE EPANET

Cálculo del Factor de Fricción (f):

EPANET calcula el factor de fricción de Darcy-Weisbach de manera automática. Dicho factor tiene en cuenta la viscosidad del fluido, la rugosidad absoluta del material, el diámetro y la velocidad del fluido. Si el modelo simulado se realiza bajo la metodología de Hazen-Williams, el valor del factor de fricción que aparecerá en los resultados obedece al coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach.

El factor de fricción es adimensional y se puede obtener por diferentes ecuaciones. Las ecuaciones que utiliza EPANET para su cálculo varían de acuerdo con el régimen en que se encuentre el fluido según la clasificación del número de Reynolds (laminar, transición o turbulento).

Para el flujo turbulento, el factor de fricción se calcula bajo la ecuación de Swamee-Jain.

Pérdidas de Carga Localizadas (accesorios):

Se introducen como sumatorio de todas las constantes de los accesorios utilizados en un tramo estudiado (Km). En el caso de nuestro modelo se han utilizado las siguientes constantes que han sido introducidas en cada tubería según su cantidad:

- Codo a 30°: 0.16
- Válvula de Compuerta abierta: 0.20
- Cambio suave de sección: 0.20
- Coeficiente de pérdida en bocas: 1.50
- Reducción Gradual de sección: 0.25
- T con flujo en línea recta: 0.10
- Confluencia de tuberías: 0,40



Pérdidas de Carga continuas:

Para el cálculo de las pérdidas de energía se ha optado por utilizar la fórmula de Darcy-Weisbach en concordancia con la rugosidad del material adoptada en la definición de las características de las tuberías.

En este caso el programa calcula automáticamente las perdidas continuas en función de las características introducidas en la red, siguiendo la siguiente formulación:

Formula	Coefficiente de Resistencia (A)	Exponente de Caudal (B)
Hazen-Williams	$4.727 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0252 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$4.66 n^2 d^{-5.33} L$	2

Notas: C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
 ϵ = coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (ft)
f = factor de fricción (depende de ϵ , d, y q)
n = coeficiente de rugosidad de Manning
d = diámetro de la tubería (ft)
L = longitud de la tubería (ft)
q = caudal (cfs)

Ilustración 1. Formulación Utilizado por EPANET

Pérdidas de carga por densidad:

Se han considerado teniendo en cuenta la diferencia de densidad entre el agua del mar y la densidad del efluente, introduciendo las mismas en las bocas difusoras. Los valores obtenidos son los siguientes y se han introducido como altura en el nudo de descarga:

Tabla 1. Pérdidas de Carga por densidad en cada difusor

Número de boca o tubo	Profundidad boca (m)	Pérdida de carga
		por densidad (m)
1	25,00	0,65
2	25,40	0,66
3	25,80	0,67
4	26,20	0,68
5	26,60	0,69
6	27,00	0,70



Unidades de Cálculo de EPANET:

Tabla 2. Unidades de cálculo

Objeto	Parámetro	Unidad
Tuberías	Longitud	Metros (m)
	Diámetro	Milímetros (mm)
	Rugosidad	D-W milímetros (mm), para H-W y C-M consultar los coeficientes con relación a los materiales
	Caudal	Litros por segundo (L/s)
	Velocidad	Metros por segundo (m/s)
	Pérdida unitaria	Metros por kilómetros (m/km)
	Factor de fricción	Adimensional (Factor de Darcy-Weisbach: f)
	Velocidad de reacción	Miligramos por litro por día (mg /L/día)
	Calidad	Miligramos por litro (mg/L)
	Cota	Metros (m)
Nudos	Demanda base	Litros por segundo (L/s)
	Altura total	Metros (m)
	Presión	Metros (m)
	Calidad inicial	Miligramos por litro (mg/L)
	Calidad	Miligramos por litro (mg/L)

3.3 COEFICIENTES DE PÉRDIDAS CONSIDERADOS

- **TRAMO TERRESTRE DESDE EDAR:**

Coefficiente de pérdidas localizadas considerado igual a 0,52

- **TRAMO TERRESTRE DESDE EBAR (PVC_DN400_ALIVIADERO):**

Coefficiente de Pérdidas localizadas considerado igual a 1,52

- **NUEVO TRAMO DE 180 m:**

Coefficiente de Pérdidas localizadas considerado igual a 0,84+0.40 de confluencia de tuberías total de 1,24.

- **TRAMO MARINO:**

Coefficiente de Pérdidas localizadas considerado igual a 0,84

- **TRAMO DIFUSOR:**

Coefficiente de pérdidas localizadas considerado en cada tramo principal igual a 0.10, las demás pérdidas de carga se consideran en cada difusor

- **SALIDA DIFUSORES:**

En cada boca se ha considerado un coeficiente de pérdidas de 1,50

4. ESQUEMA DE CÁLCULO DEL MODELO

4.1 CALCULO DE LA CAPACIDAD MÁXIMA

En el siguiente esquema se incluyen los diámetros interiores considerados en los cálculos y las cotas de referencia de cada uno de los puntos característicos del sistema.

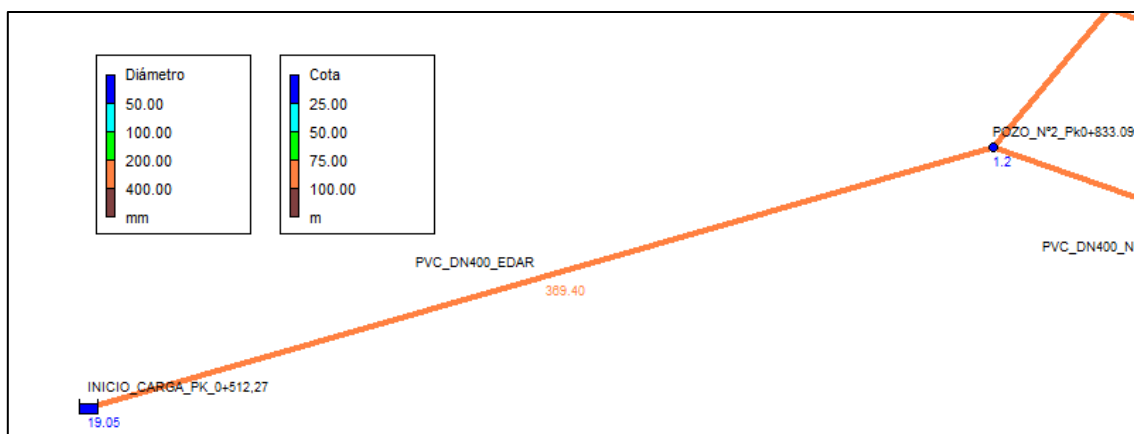


Ilustración 2. Tramo Inicio Carga EDAR hasta Pozo Nº2

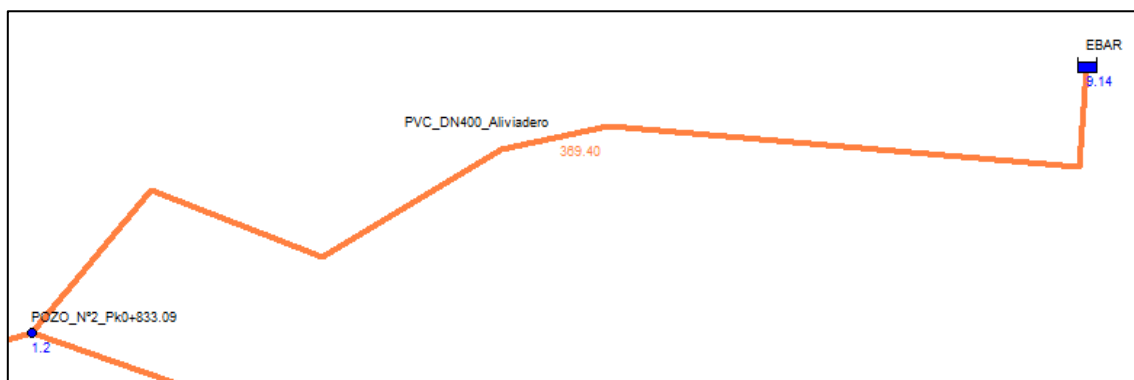


Ilustración 3. Tramo Aliviadero EBAR hasta Pozo Nº2

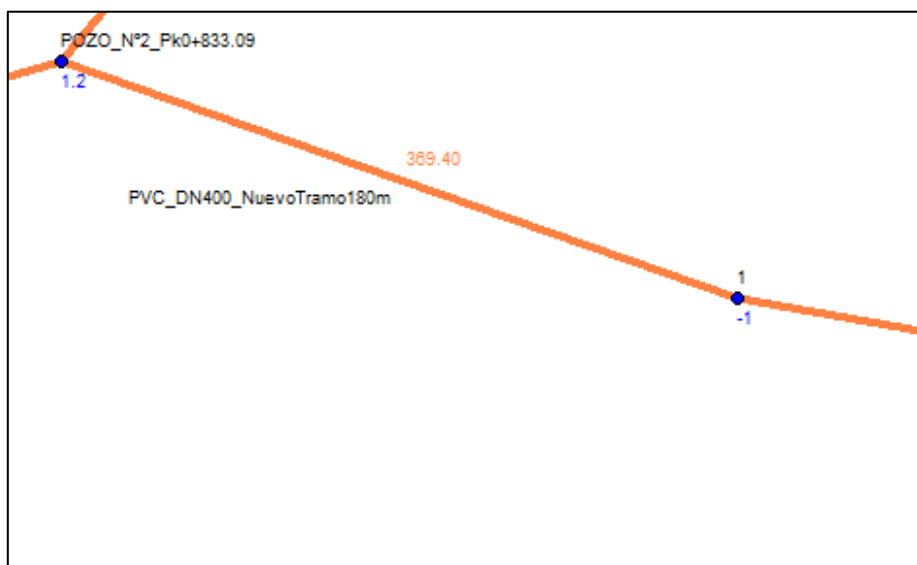


Ilustración 4. Tramo Marítimo desde Pozo Nº2 hasta inicio del marítimo de PEAD DN315

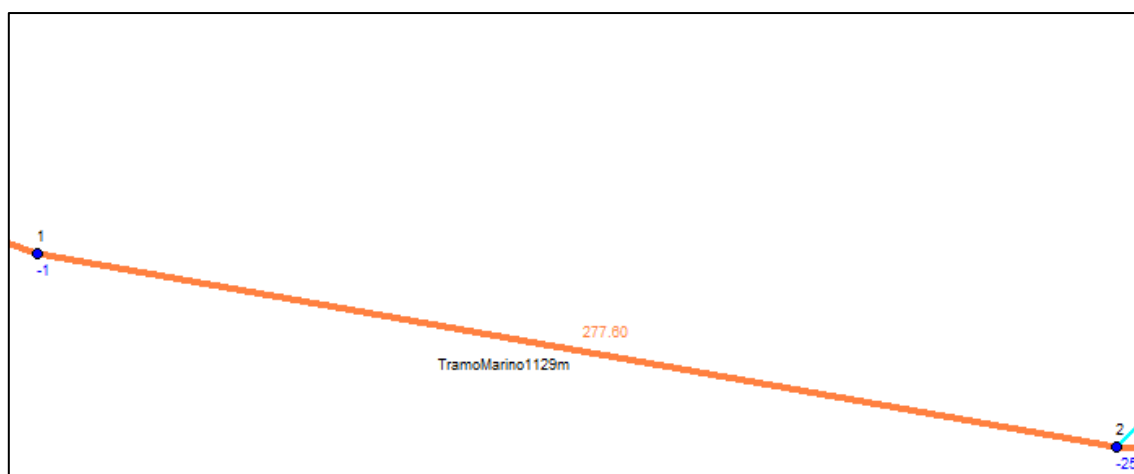
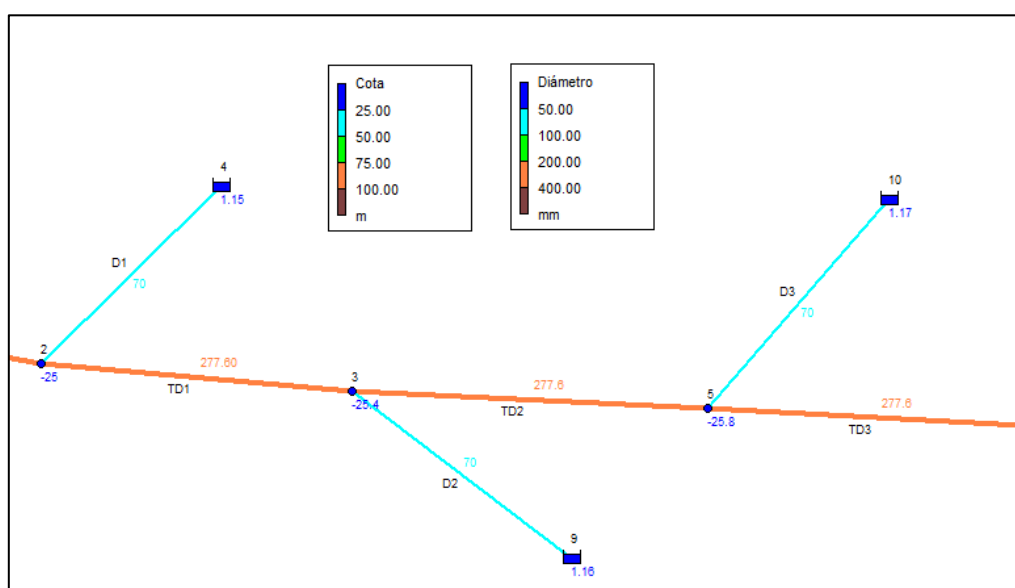


Ilustración 5. Tramo Marítimo desde final del Nuevo Tramo hasta inicio del Tramo Difusor



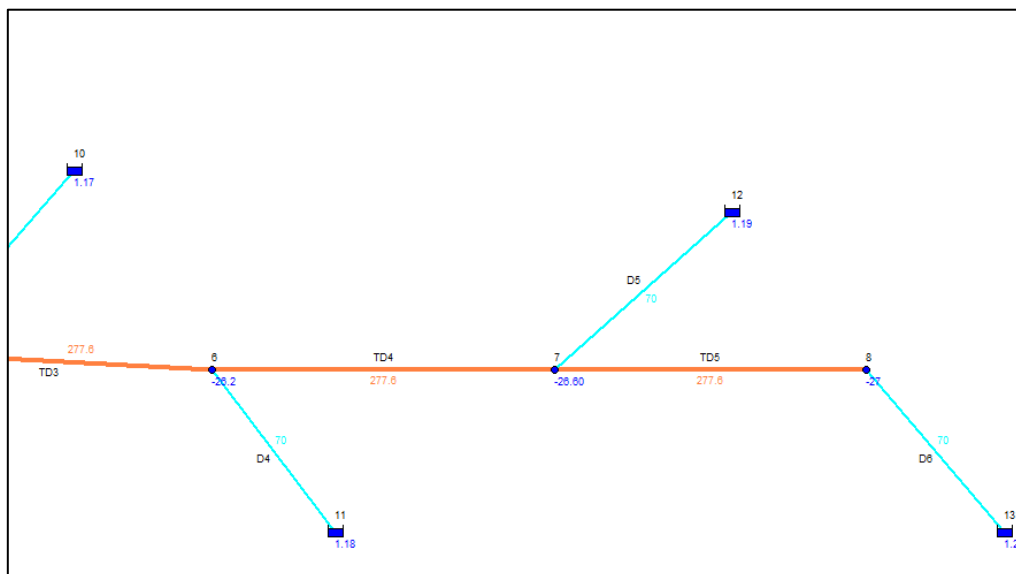


Ilustración 6. Tramo Difusor de longitud igual a 50 m

5. HIPÓTESIS DE CALCULO

5.1 HIPÓTESIS Nº1: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EDAR

En esta primera hipótesis se ha considerado que solo aporta caudal la EDAR de forma ininterrumpida hasta agotar la energía disponible, teniendo en cuenta los condicionantes recogidos en el presente informe.

Por lo tanto, se ha considerado que la tubería correspondiente al tramo aliviadero se encuentra cerrada y no aporta caudal. Los depósitos que modelizan la carga hidráulica existente sobre las bocas difusoras incluyen las pérdidas localizadas y la altura correspondiente a la pérdida de carga por densidad.

5.2 HIPÓTESIS Nº2: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EBAR

En esta segunda hipótesis se ha considerado que solo aporta caudal la EBAR de forma ininterrumpida hasta agotar la energía disponible, teniendo en cuenta los condicionantes recogidos en el presente informe.

Por lo tanto, se ha considerado que la tubería correspondiente al tramo de la EDAR se encuentra cerrada y no aporta caudal. Los depósitos que modelizan la carga hidráulica existente sobre las bocas difusoras incluyen las pérdidas localizadas y la altura correspondiente a la pérdida de carga por densidad.

5.3 HIPÓTESIS Nº3: FUNCIONAMIENTO CONJUNTO CON TODO EL SISTEMA ABIERTO

Se ha realizado la comprobación del funcionamiento del sistema a máxima capacidad teniendo en cuenta el aporte conjunto desde la EDAR y desde la EBAR. Con este cálculo se pretende comprobar el sentido de circulación del caudal una vez se encuentran todas las tuberías abiertas.



5.4 HIPÓTESIS Nº4: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=92,22 L/S

Una vez analizadas las capacidades máximas del sistema pasamos a la comprobación del funcionamiento hidráulico para los caudales reales que transportará el emisario. En el caso de estudio se considera un caudal de 92,22 l/s aportado en su totalidad por la EDAR.

Las consideraciones de cálculo y las características de la red son idénticas que las planteadas en las anteriores hipótesis, con la salvedad de que se sustituyen los depósitos por nudos que con la distribución de caudales obtenidos permitirá comprobar el funcionamiento real de la instalación.

5.5 HIPÓTESIS Nº5: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=92,22 L/S

Una vez analizadas las capacidades máximas del sistema pasamos a la comprobación del funcionamiento hidráulico para los caudales reales que transportará el emisario. En el caso de estudio se considera un caudal de 92,22 l/s aportado en su totalidad por la EBAR.

Las consideraciones de cálculo y las características de la red son idénticas que las planteadas en las anteriores hipótesis, con la salvedad de que se sustituyen los depósitos por nudos que con la distribución de caudales obtenidos permitirá comprobar el funcionamiento real de la instalación.

5.6 HIPÓTESIS Nº6: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=53,08 L/S

En este caso se ha tenido en cuenta el caudal previsto para la población actual que corresponde con 53,08 l/s vertiendo desde la EDAR.

Las consideraciones de cálculo y las características de la red son idénticas que las planteadas en las anteriores hipótesis, con la salvedad de que se sustituyen los depósitos por nudos que con la distribución de caudales obtenidos permitirá comprobar el funcionamiento real de la instalación.

5.7 HIPÓTESIS Nº7: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=53,08 L/S

En este caso se ha tenido en cuenta el caudal previsto para la población actual que corresponde con 53,08 l/s vertiendo desde la EBAR.

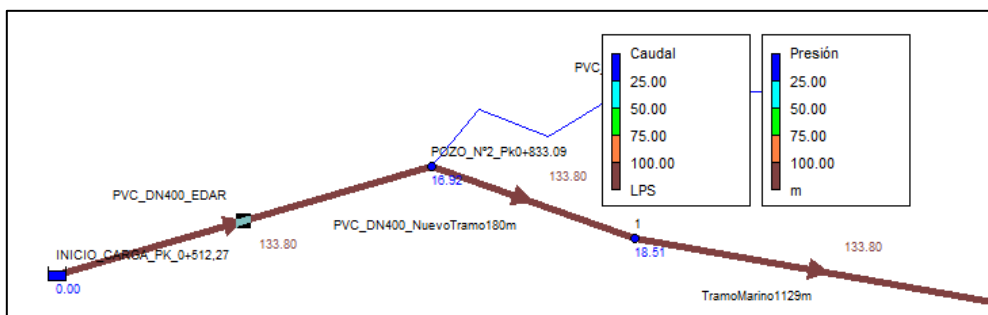
Las consideraciones de cálculo y las características de la red son idénticas que las planteadas en las anteriores hipótesis, con la salvedad de que se sustituyen los depósitos por nudos que con la distribución de caudales obtenidos permitirá comprobar el funcionamiento real de la instalación.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

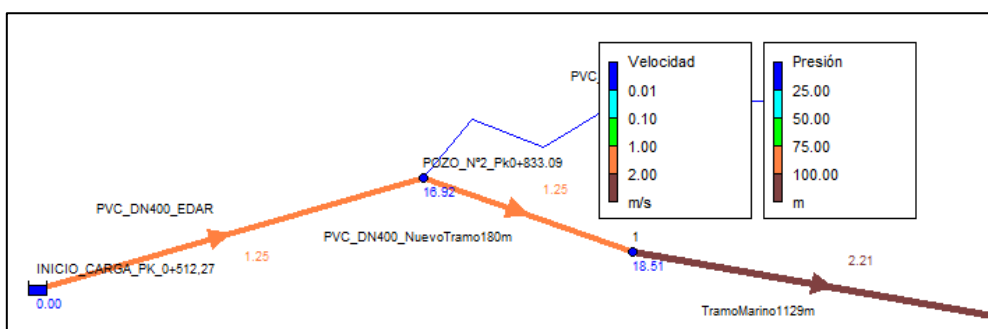
6.1 HIPÓTESIS Nº1: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EDAR

Cerrando la tubería aliviadero de la EBAR, todo el caudal circulará a través del tramo EDAR – Tramo Marítimo – Difusores. Teniendo en cuenta esta situación se obtienen los siguientes resultados:

- Caudal Máximo capaz de desaguar el sistema: 133,80 l/s



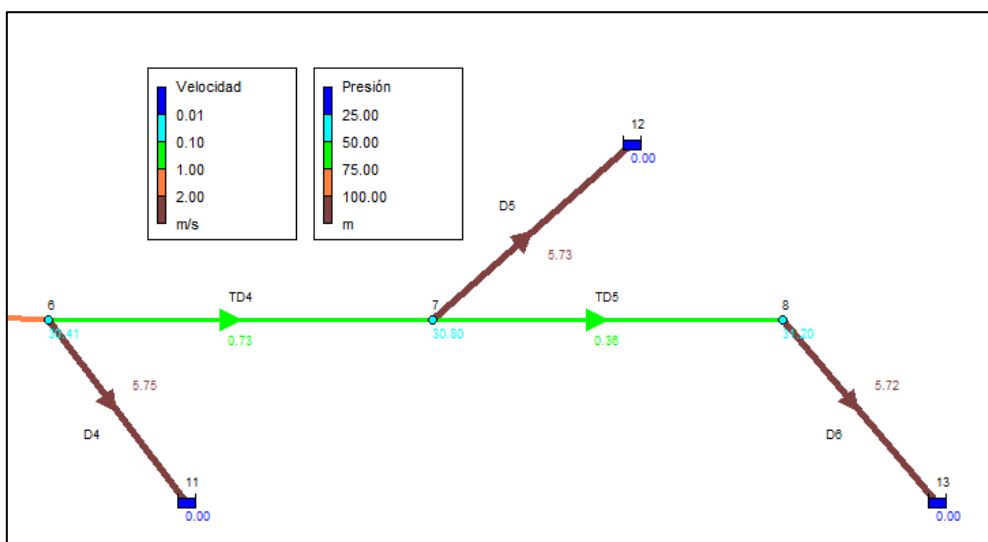
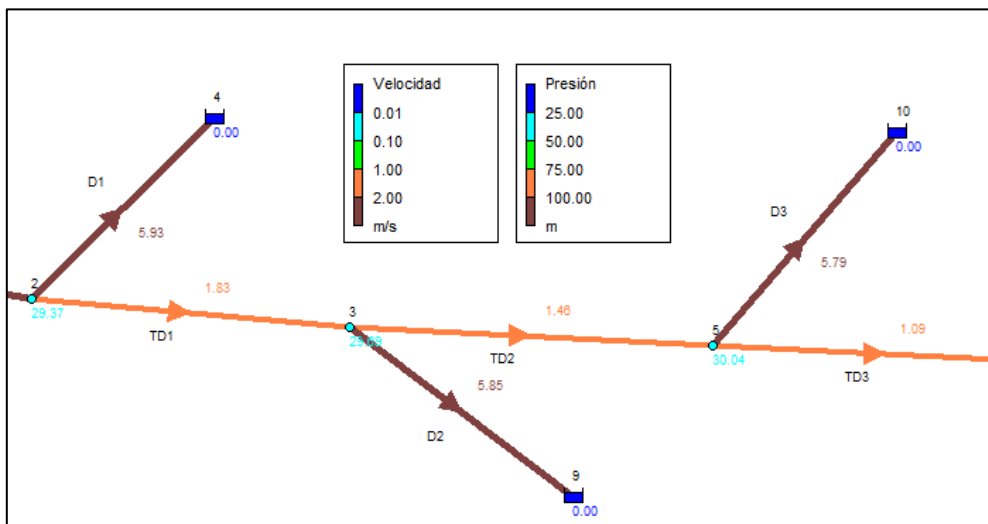
- Velocidad en tramo terrestre igual a 1,25 m/s en tuberías de PVC DN400 y de 2,21 m/s en el tramo marítimo correspondiente a la tubería de PEAD DN315.

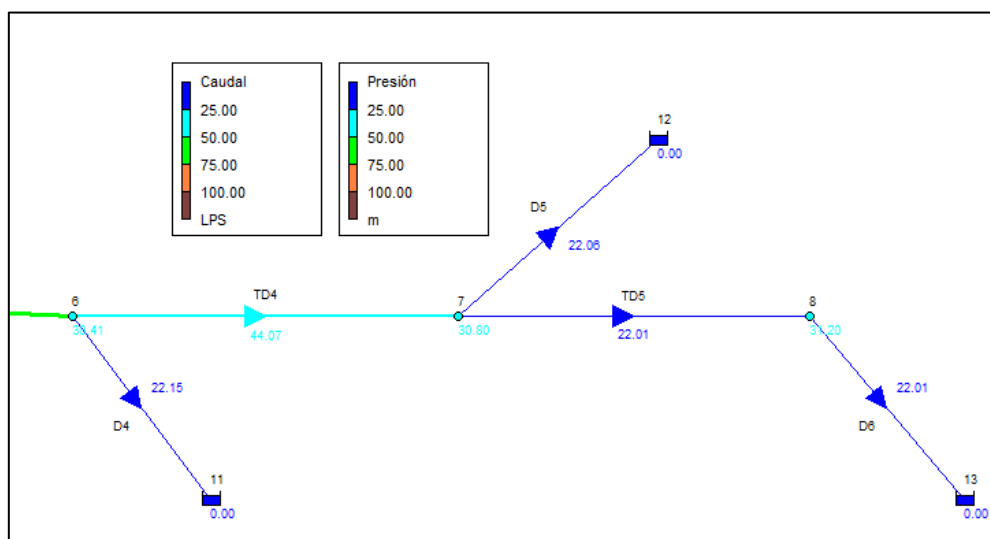
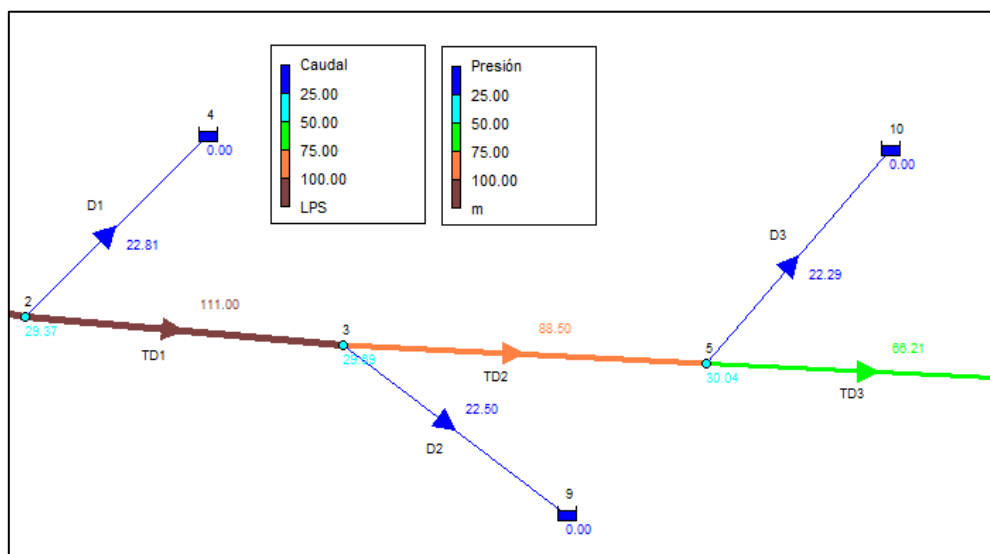


- Distribución de Caudales y Velocidades en los difusores (CAUDAL - VELOCIDAD):
 - o Boca Difusora 1: 22,81 l/s (17,05%) – 5,93 m/s
 - o Boca Difusora 2: 22,50 l/s (16,81%) – 5,85 m/s
 - o Boca Difusora 3: 22,29 l/s (16,66%) – 5,79 m/s
 - o Boca Difusora 4: 22,15 l/s (16,55%) – 5,75 m/s
 - o Boca Difusora 5: 22,06 l/s (16,48%) – 5,73 m/s
 - o Boca Difusora 6: 22,01 l/s (16,45%) – 5,72 m/s
- Distribución de Caudales y Velocidades en tramo difusor (CAUDAL – VELOCIDAD):
 - o Tramo 1: 111,00 l/s – 1,83 m/s
 - o Tramo 2: 88,50 l/s – 1,46 m/s
 - o Tramo 3: 66,21 l/s – 1,09 m/s



- Tramo 4: 44,07 l/s – 0,73 m/s
- Tramo 5: 22,01 l/s – 0,36 m/s





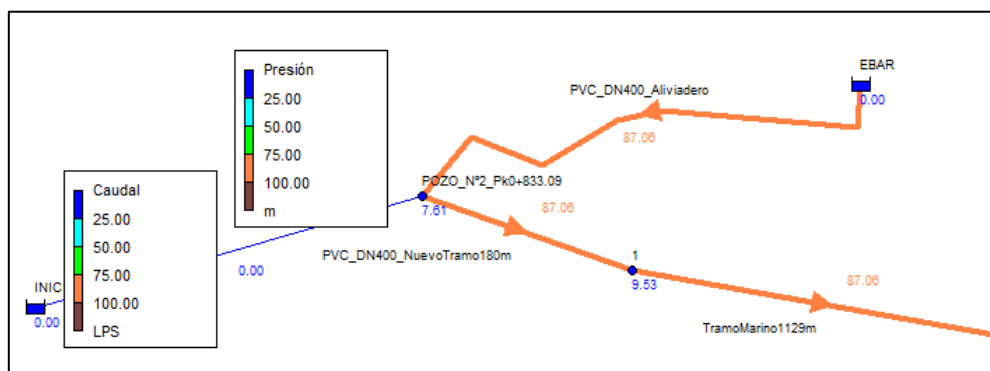
6.2 HIPÓTESIS Nº2: CAPACIDAD MÁXIMA DESDE EBAR

Cerrando la tubería de la EDAR, todo el caudal circulará a través del tramo EBAR – Tramo Marítimo – Difusores.

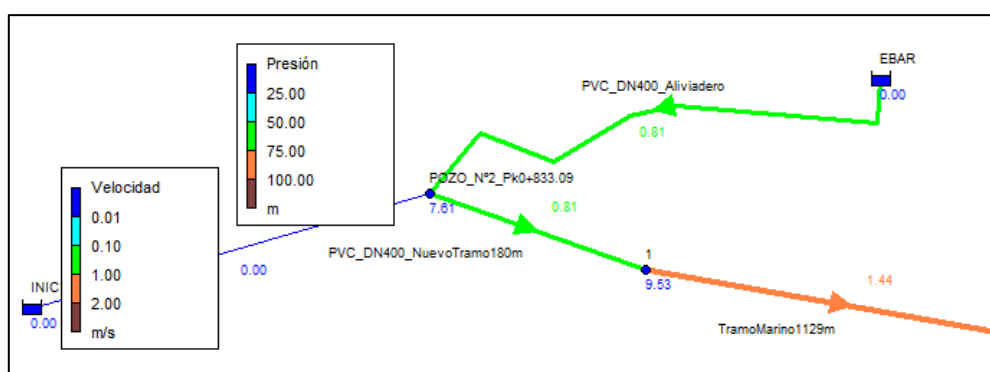
Teniendo en cuenta esta situación se obtienen los siguientes resultados:

- Caudal Máximo capaz de desaguar el sistema: 87,06 l/s

PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE PORTOCOLOM



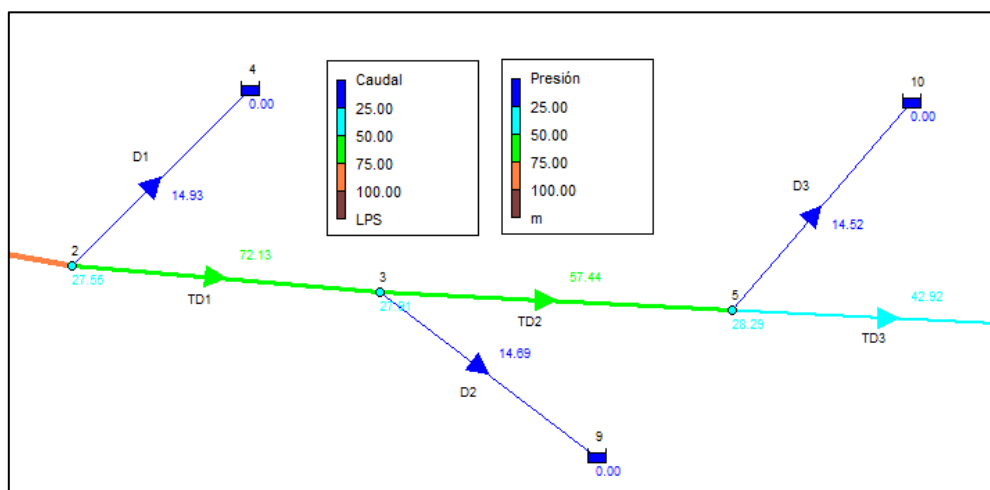
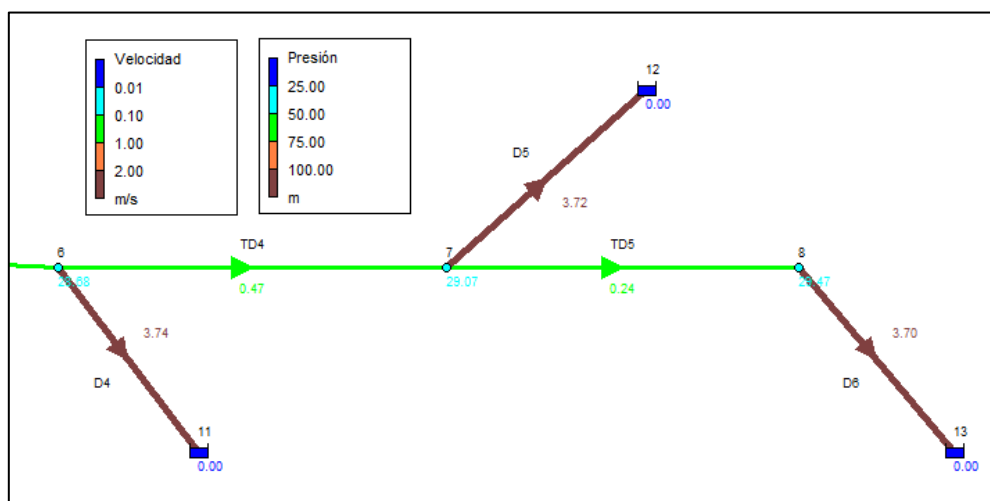
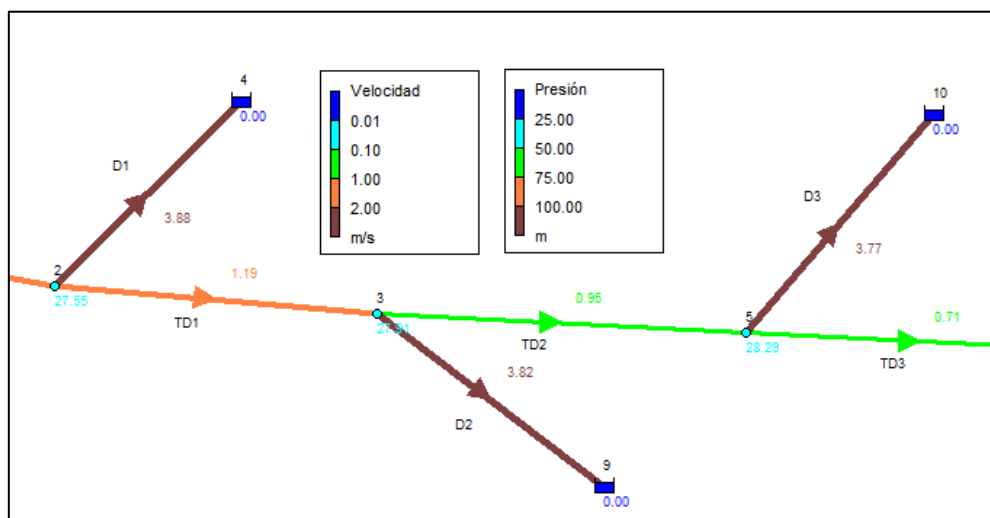
- Velocidad en tramo terrestre igual a 0,81 m/s en tuberías de PEAD DN400 y de 1,44 m/s en el tramo marítimo correspondiente a la tubería de PEAD DN315.

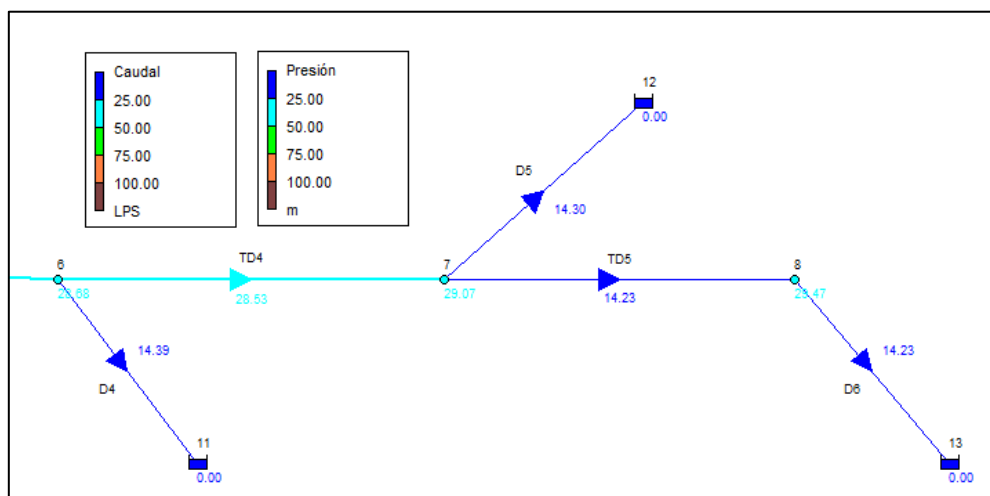


- Distribución de Caudales y Velocidades en los difusores (CAUDAL - VELOCIDAD):
 - o Boca Difusora 1: 14,93 l/s (17,15%) – 3,88 m/s
 - o Boca Difusora 2: 14,69 l/s (16,87%) – 3,82 m/s
 - o Boca Difusora 3: 14,52 l/s (16,68%) – 3,77 m/s
 - o Boca Difusora 4: 14,39 l/s (16,53%) – 3,74 m/s
 - o Boca Difusora 5: 14,30 l/s (16,43%) – 3,72 m/s
 - o Boca Difusora 6: 14,23 l/s (16,35%) – 3,70 m/s
- Distribución de Caudales y Velocidades en tramo difusor (CAUDAL – VELOCIDAD):
 - o Tramo 1: 72,13 l/s – 1,19 m/s
 - o Tramo 2: 57,44 l/s – 0,95 m/s
 - o Tramo 3: 42,92 l/s – 0,71 m/s
 - o Tramo 4: 28,53 l/s – 0,47 m/s
 - o Tramo 5: 14,23 l/s – 0,24 m/s



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE PORTOCOLOM



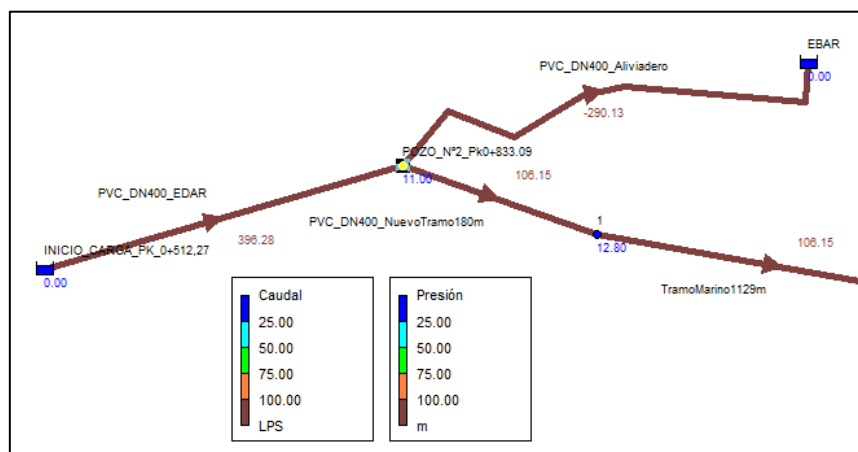


6.3 HIPÓTESIS Nº3: FUNCIONAMIENTO CONJUNTO CON TODO EL SISTEMA ABIERTO

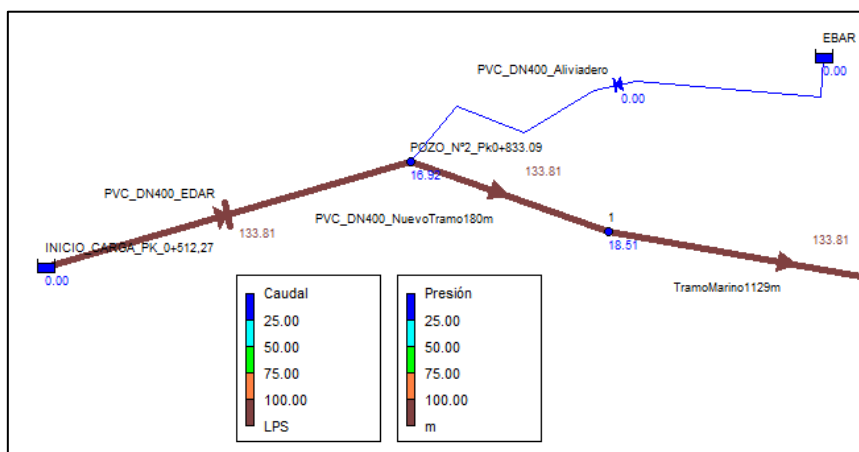
Se comprueba que, con los dos puntos de aporte abiertos, el caudal circula desde la EDAR hacia la EBAR y hacia el emisario, debido a que las pérdidas de carga existentes en la red hacen que el tramo del aliviadero reciba caudal y no sea capaz de aportar a la vez que la EDAR.

Esta situación hará necesaria la instalación de válvulas de retención que impidan la circulación de caudal en el sentido inverso al previsto.

En la siguiente imagen, se puede observar la situación descrita anteriormente.



Así mismo, se ha comprobado que la instalación de Válvulas de Retención, en el caso hipotético de que ambos depósitos pudieran aportar caudal, solo permitiría trabajar a la tubería de la EDAR, quedando cerrada la tubería aliviadero debido a la diferencia de presiones. Esto nos indica que nunca podrá entrar caudal desde la EBAR a la EDAR pero si de la EDAR a la EBAR.



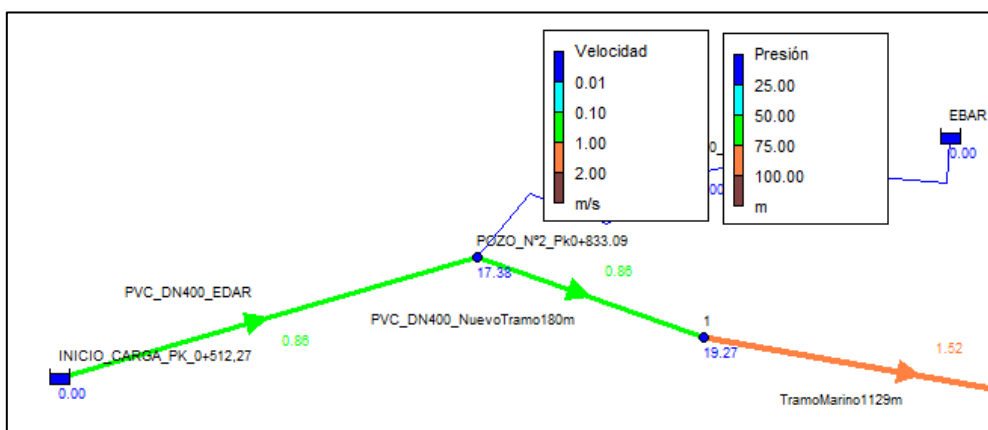
6.4 HIPÓTESIS Nº4: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=92,22 L/S

El caudal a distribuir en las bocas difusoras es de 92,22 l/s. Teniendo en cuenta que tanto en la hipótesis 1 y 2, la distribución ha sido muy similar, y por similitud, se asemeja más al caudal de 87 l/s, se opta por introducir la siguiente demanda en los nudos que simulan las bocas difusoras:

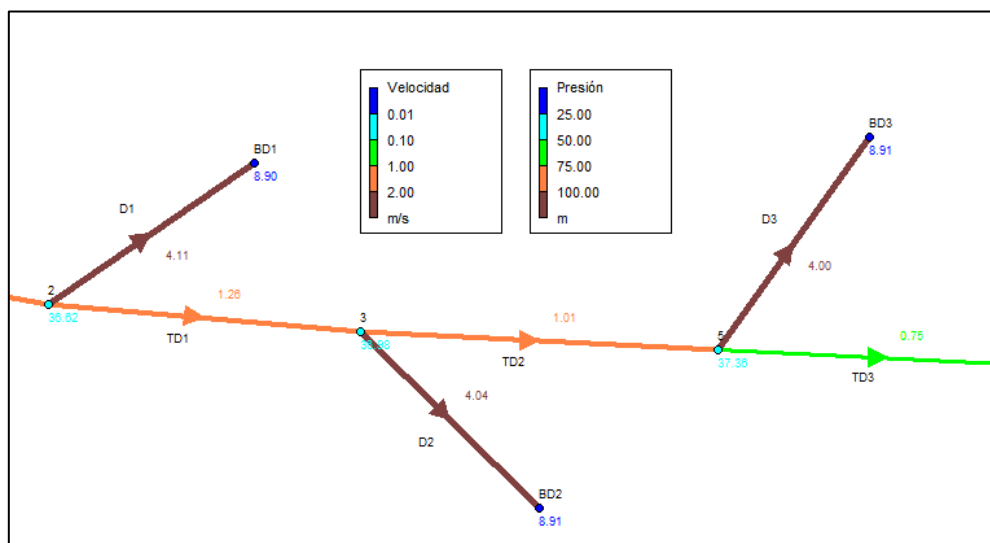
- Boca Difusora 1: 17,15% – 15,82 l/s
- Boca Difusora 2: 16,87% – 15,56 l/s
- Boca Difusora 3: 16,68% – 15,38 l/s
- Boca Difusora 4: 16,53% – 15,24 l/s
- Boca Difusora 5: 16,43% – 15,15 l/s
- Boca Difusora 6: 16,35% – 15,07 l/s

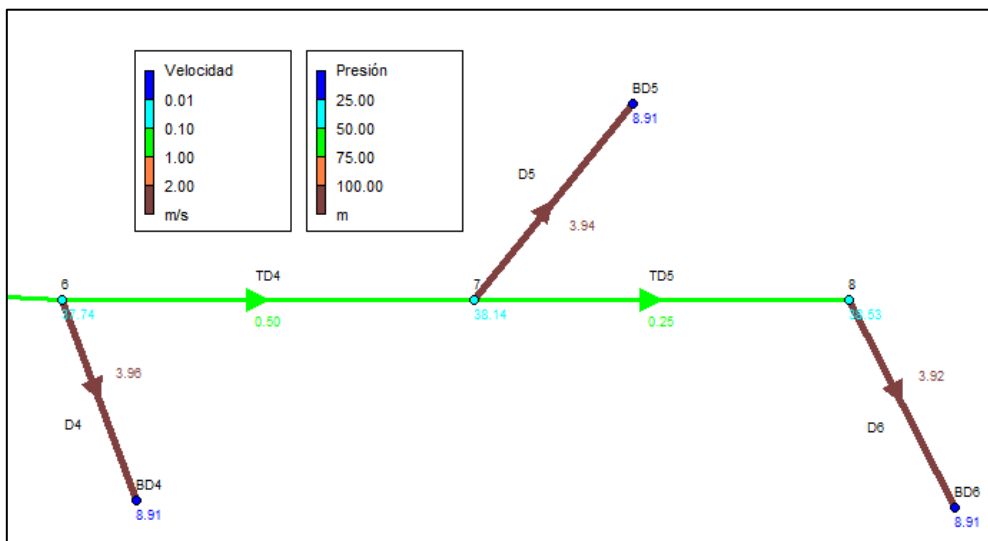
Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Velocidad en tramo terrestre igual a 0,86 m/s en tuberías de PVC DN400 y de 1,52 m/s en el tramo marítimo correspondiente a la tubería de PEAD DN315.
- Presiones positivas en toda la red con valores superiores 17 mca.



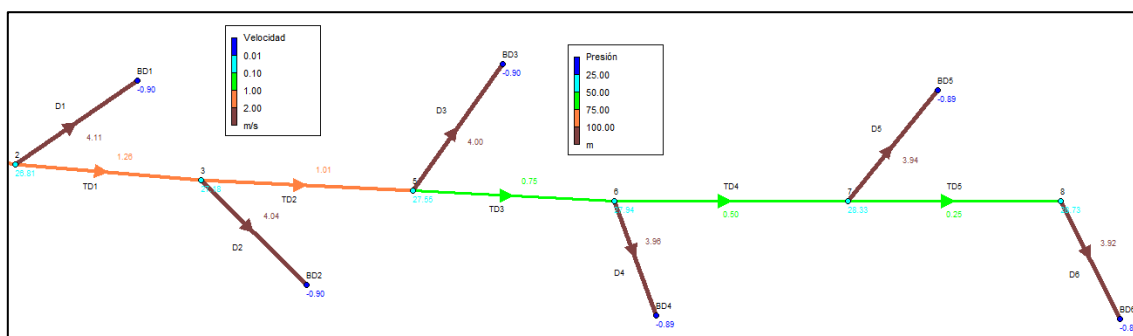
- Distribución de Velocidades los difusores:
 - Boca Difusora 1: 4,11 m/s
 - Boca Difusora 2: 4,04 m/s
 - Boca Difusora 3: 4,00 m/s
 - Boca Difusora 4: 3,96 m/s
 - Boca Difusora 5: 3,94 m/s
 - Boca Difusora 6: 3,92 m/s
- Distribución de Velocidades en tramo difusor:
 - Tramo 1: 1,26 m/s
 - Tramo 2: 1,01 m/s
 - Tramo 3: 0,75 m/s
 - Tramo 4: 0,50 m/s
 - Tramo 5: 0,25 m/s





6.5 HIPÓTESIS Nº5: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=92,22 L/S

Como se ha comprobado en la hipótesis 2, el aliviadero no es capaz de evacuar los 92,22 l/s. Esta situación provoca que aparezcan presiones negativas en las bocas difusoras al sobrepasarse la capacidad de la red, como se puede observar en la siguiente imagen.



La probabilidad de ocurrencia de esta hipótesis es muy reducida ya que no se prevé que el caudal alcance los 92,22 l/s hasta el final del escenario futuro.

6.6 HIPÓTESIS Nº6: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EDAR PARA Q=53.08 L/S

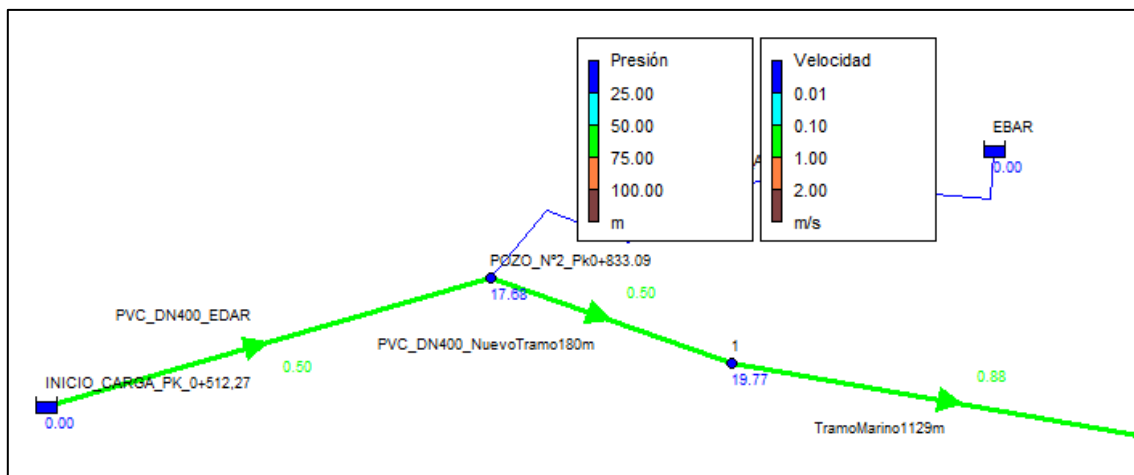
El caudal a distribuir en las bocas difusoras es de 53,08 l/s. Teniendo en cuenta que tanto en la hipótesis 1 y 2, la distribución ha sido muy similar, y por similitud, se asemeja más al caudal de 87 l/s, se opta por introducir la siguiente demanda en los nudos que simulan las bocas difusoras:

- Boca Difusora 1: 17,15% – 9,10 l/s
- Boca Difusora 2: 16,87% – 8,95 l/s
- Boca Difusora 3: 16,68% – 8,85 l/s
- Boca Difusora 4: 16,53% – 8,77 l/s
- Boca Difusora 5: 16,43% – 8,72 l/s

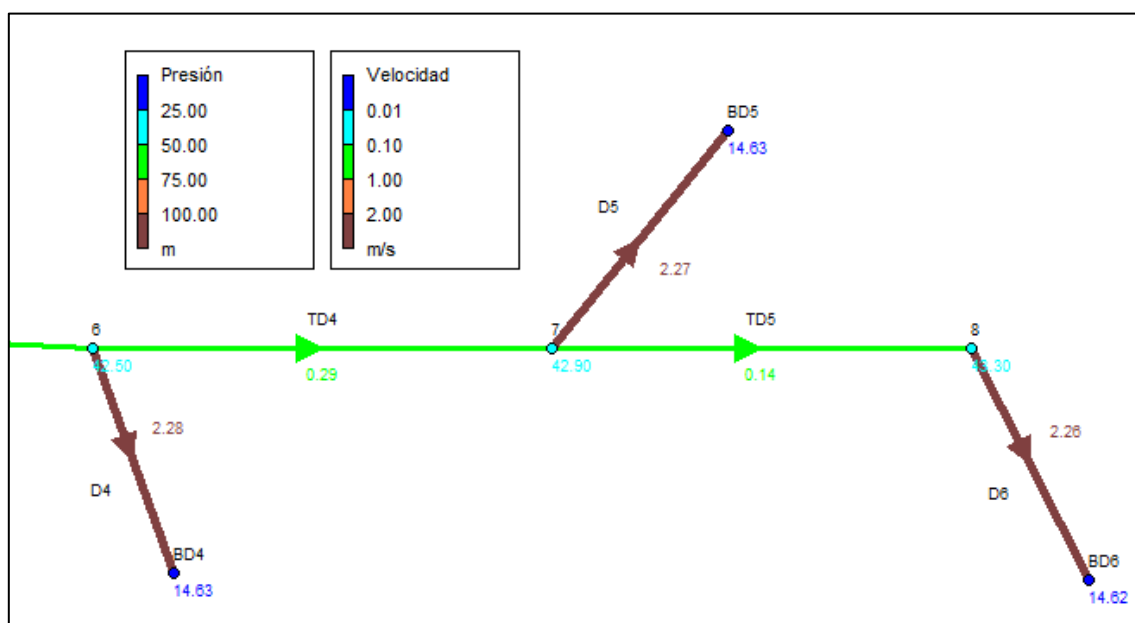
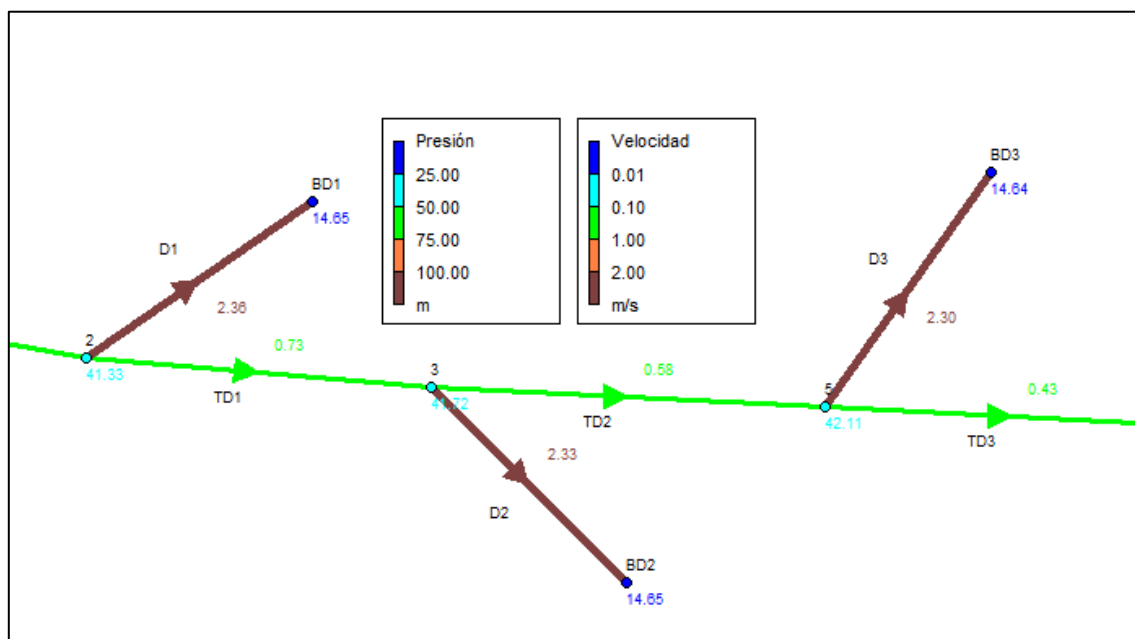
- Boca Difusora 6: 16,35% – 8,69 l/s

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Velocidad en tramo terrestre igual a 0,50 m/s en tuberías de PVC DN400 y de 0,88 m/s en el tramo marítimo correspondiente a la tubería de PEAD DN315.
- Presiones positivas en toda la red con valores superiores 14 mca.



- Distribución de Velocidades los difusores:
 - Boca Difusora 1: 2,36 m/s
 - Boca Difusora 2: 2,33 m/s
 - Boca Difusora 3: 2,30 m/s
 - Boca Difusora 4: 2,28 m/s
 - Boca Difusora 5: 2,27 m/s
 - Boca Difusora 6: 2,26 m/s
- Distribución de Velocidades en tramo difusor:
 - Tramo 1: 0,73 m/s
 - Tramo 2: 0,58 m/s
 - Tramo 3: 0,43 m/s
 - Tramo 4: 0,29 m/s
 - Tramo 5: 0,14 m/s



6.7 HIPÓTESIS Nº7: FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DESDE EBAR PARA Q=53,08 L/S

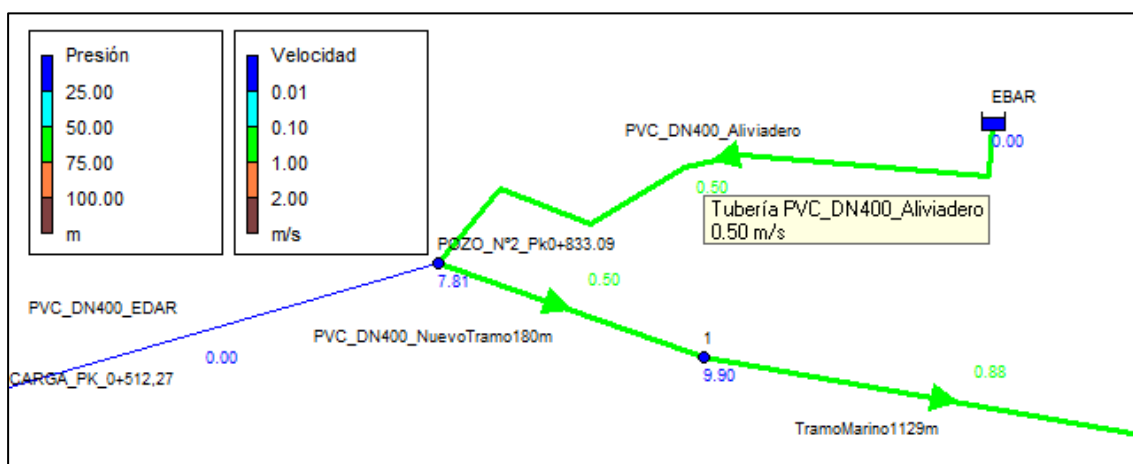
El caudal a distribuir en las bocas difusoras es de 53,08 l/s. Teniendo en cuenta que tanto en la hipótesis 1 y 2, la distribución ha sido muy similar, y por similitud, se asemeja más al caudal de 87 l/s, se opta por introducir la siguiente demanda en los nudos que simulan las bocas difusoras:

- Boca Difusora 1: 17,15% – 9,10 l/s
- Boca Difusora 2: 16,87% – 8,95 l/s
- Boca Difusora 3: 16,68% – 8,85 l/s
- Boca Difusora 4: 16,53% – 8,77 l/s

- Boca Difusora 5: 16,43% – 8,72 l/s
- Boca Difusora 6: 16,35% – 8,69 l/s

Los resultados obtenidos son los siguientes:

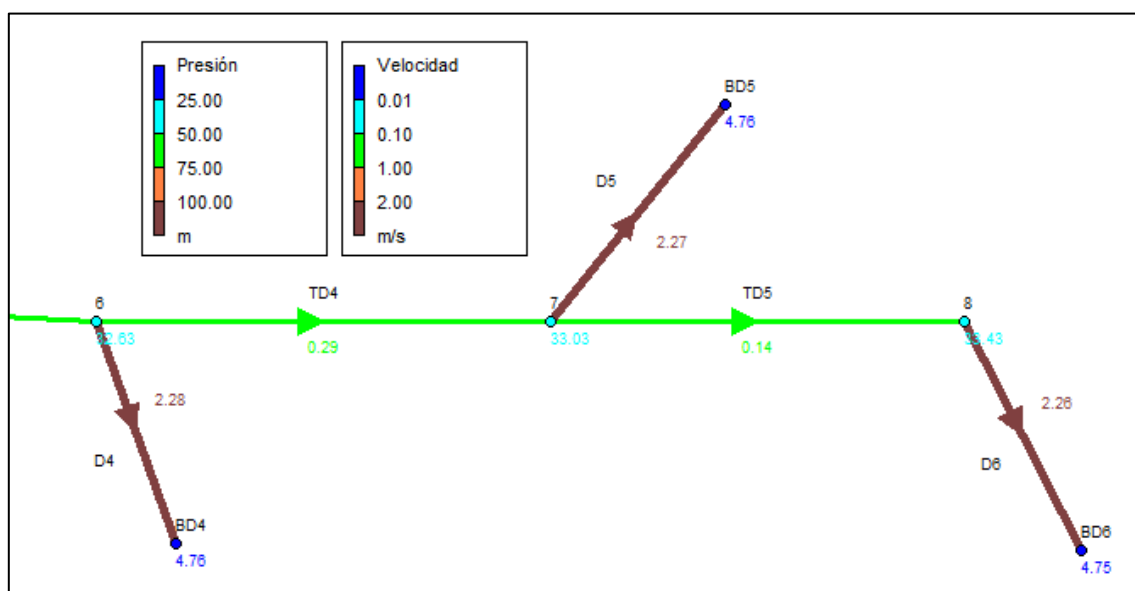
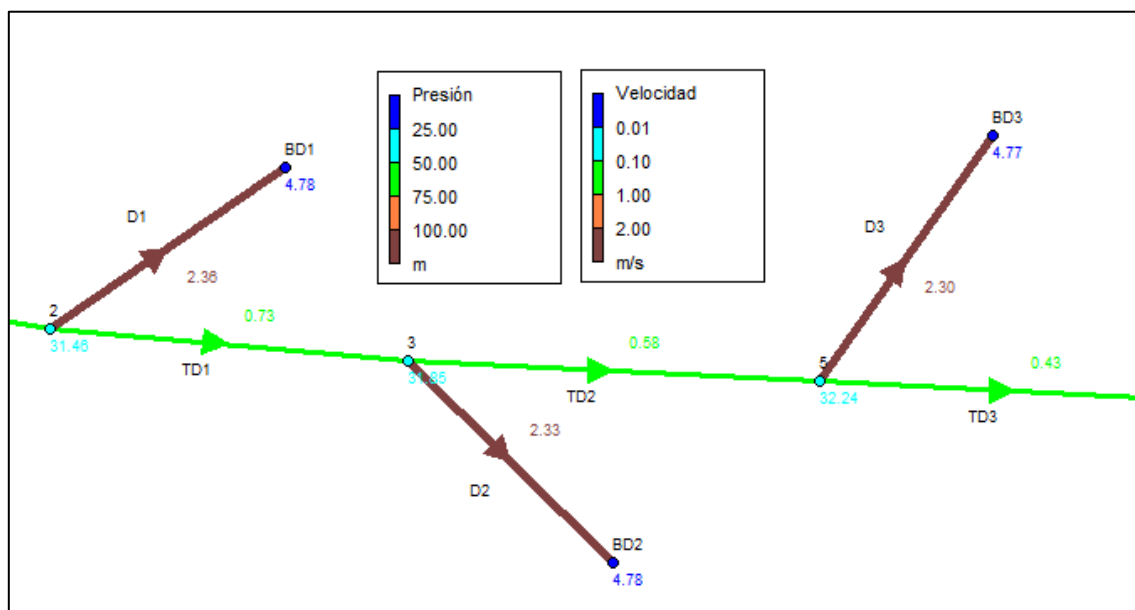
- Velocidad en tramo terrestre igual a 0,50 m/s en tuberías de PVC DN400 y de 0,88 m/s en el tramo marítimo correspondiente a la tubería de PEAD DN315.
- Presiones positivas en toda la red con valores superiores 4 mca.
- La diferencia de esta hipótesis con la anterior es la aparición de presiones menores debido a la menor energía disponible debida a la cota existente en la EBAR.



- Distribución de Velocidades los difusores:
 - Boca Difusora 1: 2,36 m/s
 - Boca Difusora 2: 2,33 m/s
 - Boca Difusora 3: 2,30 m/s
 - Boca Difusora 4: 2,28 m/s
 - Boca Difusora 5: 2,27 m/s
 - Boca Difusora 6: 2,26 m/s
- Distribución de Velocidades en tramo difusor:
 - Tramo 1: 0,73 m/s
 - Tramo 2: 0,58 m/s
 - Tramo 3: 0,43 m/s
 - Tramo 4: 0,29 m/s
 - Tramo 5: 0,14 m/s



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE PORTOCOLOM



7. RESUMEN DE RESULTADOS

Se presenta, a continuación, un cuadro resumen con los resultados de velocidades obtenidos y el cumplimiento de la misma por tramos representativos de la red modelizada.

Se han incluido todas las hipótesis menos la hipótesis 3 (funcionamiento conjunto EDAR – EBAR) y la hipótesis 5 donde la capacidad máxima del aliviadero se ve superada.

	CARACTERÍSTICAS TUBERÍA			COMPROBACIÓN DE VELOCIDADES				
	DN (mm)	Dint (mm)	Material	HIP Nº1	HIP Nº2	HIP Nº4	HIP Nº6	HIP Nº7
Tramo Terrestre desde EDAR	400	369,40	PVC	1,25	--	0,86	0,50	--
Tramo Terrestre desde EBAR	400	369,40	PVC	--	0,81	--	--	0,50
Nuevo Tramo 180 m	400	369,40	PVC	1,25	0,81	0,86	0,50	0,50
Tramo Marítimo	315	277,60	PEAD	2,21	1,44	1,52	0,88	0,88
Difusor Tramo 1	315	277,60	PEAD	1,83	1,19	1,26	0,73	0,73
Difusor Tramo 2	315	277,60	PEAD	1,46	0,95	1,01	0,58	0,58
Difusor Tramo 3	315	277,60	PEAD	1,09	0,71	0,75	0,43	0,43
Difusor Tramo 4	315	277,60	PEAD	0,73	0,47	0,50	0,29	0,29
Difusor Tramo 5	315	277,60	PEAD	0,36	0,24	0,25	0,14	0,14
Boca Difusora 1	70		PEAD	5,93	3,88	4,11	2,36	2,36
Boca Difusora 2	70		PEAD	5,85	3,82	4,04	2,33	2,33
Boca Difusora 3	70		PEAD	5,79	3,77	4,00	2,30	2,30
Boca Difusora 4	70		PEAD	5,75	3,74	3,96	2,28	2,28
Boca Difusora 5	70		PEAD	5,73	3,72	3,94	2,27	2,27
Boca Difusora 6	70		PEAD	5,72	3,70	3,92	2,26	2,26
CAUDALES CONSIDERADOS				CAUDAL MÁXIMO		Q=92,22 l/s	Q=53,08 l/s	

- En Rojo aparecen los tramos principales donde no alcanzamos la velocidad mínima recomendada para la autolimpieza del emisario (mayor a 0,6 m/s).
- En Verde los tramos donde la velocidad supera los 0,6 m/s en tramo principal y los 2 m/s en las bocas difusoras.



8. CONSIDERACIONES SOBRE LOS ANÁLISIS REALIZADOS

8.1 HIPÓTESIS Nº1 Y Nº2

Los resultados obtenidos se resumen en el Informe de Cálculo adjunto al presente informe como Apéndice 1.- Informe de Cálculo Hipótesis 1 y Apéndice 2.- Informe de Cálculo Hipótesis 2.

Los resultados obtenidos en la Hipótesis 1 muestran que la capacidad máxima del sistema teniendo en cuenta el aporte único de la EDAR, desde el inicio del tramo terrestre que entra en carga, es bastante superior al caudal real esperado de 92,22 l/s, llegando a tener una capacidad de desagüe cercana a los 134 l/s.

La velocidad del flujo a través de las tuberías es correcta en la mayor parte de la red, oscilando entre los 1,25 a los 2,21 m/s. La velocidad de salida de los difusores, en todos los casos, es mayor a 2 m/s e inferior a 6 m/s.

En el caso de la Hipótesis 2, nos encontramos con una situación parecida, pero debido a la menor energía disponible, el caudal máximo capaz de aportar el aliviadero de la EBAR se reduce hasta los 87 l/s, manteniendo una presión correcta en toda la red. La probabilidad de ocurrencia de esta hipótesis es muy reducida ya que no se prevé que el caudal alcance los 92,22 l/s hasta el final del escenario futuro.

Por otro lado, las velocidades se reducen en todo el sistema al circular menos caudal y mantener los mismos diámetros, oscilando entre un mínimo de 0,81 m/s a un máximo de 1,44 m/s. La velocidad de salida de los difusores también se considera correcta estando en un rango de 3,75 m/s.

En ambas hipótesis existe una pérdida de velocidad en el tramo principal del difusor, que a medida que se evacua el caudal a través de las bocas difusoras se va perdiendo velocidad en el tubo de PEAD DN315. En las dos hipótesis estudiadas el tramo TD5 (último tramo), la velocidad baja por debajo de los 0,6 m/s, manteniéndose por encima en la hipótesis 1 en el tramo anterior (TD4). En este caso, la hipótesis 2 con un caudal circulante menor a los 92,22 l/s presenta bajas velocidades en el tramo TD4 (0,47 m/s) y en el tramo TD5 (0,24 m/s).

Debido a que esta situación de caudal máximo no es real, se plantearán las soluciones teniendo en cuenta el funcionamiento de la red para el caudal de 92,22 l/s.

Para la distribución de caudales se tomarán los porcentajes obtenidos en la Hipótesis 2 por ser el caudal más parecido al real.

8.2 HIPÓTESIS Nº3

Los resultados obtenidos se detallan en el Apéndice 3.- Informe de Cálculo Hipótesis 3. Donde se puede comprobar como la EDAR aporta caudal hacia la EBAR y hacia el emisario.



8.3 HIPÓTESIS Nº4 Y Nº5

Los resultados obtenidos se resumen en el Informe de Cálculo adjunto al presente informe como Apéndice 4.- Informe de Cálculo Hipótesis 4 y Apéndice 5.- Informe de Cálculo Hipótesis 5.

Los resultados son satisfactorios tanto en velocidades como en presiones en la Hipótesis nº4 en la mayor parte de la red. En la hipótesis Nº5 aparecen presiones negativas al superar el caudal real de diseño la capacidad máxima del tramo EBAR – Emisario.

El funcionamiento de la red con el caudal de 92,22 l/s, producirá bajas velocidades (por debajo de 0,6 m/s) en los dos tramos finales del difusor, obteniéndose velocidades de 0,5 m/s y de 0,25 m/s.

Teniendo en cuenta la geometría de la red y que el tramo EBAR – Emisario no es capaz de desaguar el caudal de 92,22 l/s, la probabilidad de ocurrencia de esta hipótesis es muy reducida ya que no se prevé que el caudal alcance los 92,22 l/s hasta el final del escenario futuro y por tanto se considera que no debe condicionarse el diseño del difusor para dar solución a esta situación. La solución se adoptará mediante el proceso de autolimpieza.

8.4 HIPÓTESIS Nº6 Y Nº7

Para el caudal actual de 53,08 l/s la red, tanto aportando desde la EDAR como desde la EBAR, sufre una bajada generalizada de la velocidad, viéndose afectadas las tuberías de mayor diámetro (Tramo Terrestre EDAR, Tramo Terrestre EBAR y Nuevo Tramo 180 m). En estos tramos la velocidad no supera los 0,5 m/s pero se ve incrementada en el tramo marítimo hasta los 0,88 m/s en ambas hipótesis.

En el tramo difusor principal (tubo PEAD DN315), se alcanzan velocidades correctas en los dos primeros tramos 0,88 y 0,73 m/s, respectivamente. Los tramos siguientes tienen velocidades inferiores a 0,6 m/s hasta alcanzar en el último tramo una velocidad de 0,14 m/s. En este sentido se considera que la velocidad en los tres últimos tramos es baja.

9. MODELIZACIÓN FUNCIONAMIENTO CONJUNTO EDAR-EBAR

La situación de funcionamiento normal del sistema de evacuación será el aporte continuo de agua tratada desde la EDAR. Existe la posibilidad que, ante una parada eventual de la Estación de Bombeo, deba entrar en funcionamiento el aliviadero, encontrándonos en un periodo de tiempo con que tanto la EDAR como la EBAR se encuentran aportando caudal al emisario.

En el desarrollo del presente informe se ha analizado y comprobado el funcionamiento independiente del tramo aliviadero y, por otro lado, el funcionamiento del tramo de evacuación de la EDAR. En ambos casos se han estudiado las velocidades de circulación, las presiones alcanzadas en los nudos que conforman la red y el

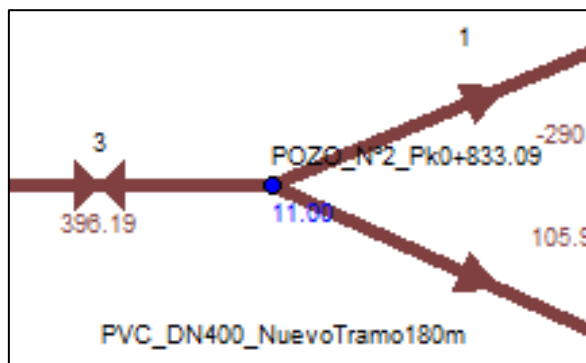
comportamiento del tramo difusor. En resumen, los análisis previos han permitido acotar la red bajo los siguientes criterios:

- Funcionamiento a Capacidad Máxima EBAR
- Funcionamiento a Capacidad Máxima EDAR
- Funcionamiento EDAR a caudal futuro (92,22 l/s) y a caudal actual (53 l/s)
- Funcionamiento EBAR a caudal futuro (92,22 l/s) y a caudal actual (53 l/s)

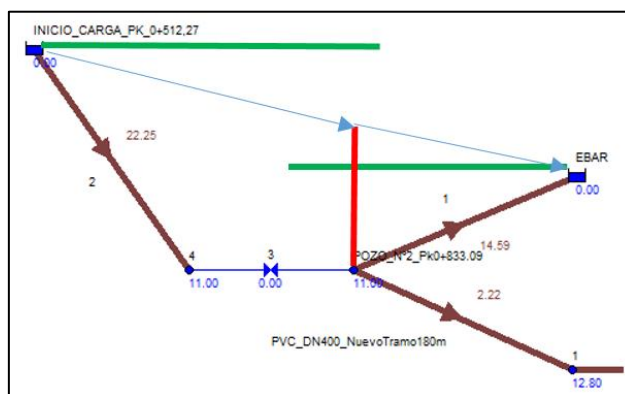
Por lo tanto, en el presente apartado, se pretende acotar el funcionamiento conjunto de la red, teniendo en cuenta que:

- La EBAR deja de bombear caudal entrando en funcionamiento inmediatamente el aliviadero.
- La EDAR en el periodo de tiempo que la EBAR no bombea agua sigue aportando caudal.

Como bien se ha analizado en la Hipótesis N°3, donde se estudia el funcionamiento conjunto de la red, existe un rango de presiones en el nudo “POZO_N°2_Pk0+833”, a partir del cual la EDAR siempre estaría aportando caudal a la EBAR. Este primer análisis, desencadenó en la necesidad de introducir una válvula de retención en el tramo del aliviadero que impidiera el flujo inverso EDAR – EBAR. Se comprobó que la presión que se alcanza en el nudo con todo el sistema trabajando en abierto es de 11 mca aproximadamente.



Esta situación se dará hasta que en el nudo se alcance una presión suficientemente baja que permita la circulación de caudal al nudo, tanto de la EBAR como de la EDAR. En la imagen adjunta se puede observar que la presión en el nudo es de 11 mca, superior a la línea de energía disponible desde la EBAR, en esta situación la EDAR estaría aportando caudal a la EBAR. La línea roja esquematiza la presión en el nudo donde confluyen ambos tramos y en las líneas se representa la dirección del flujo y la pérdida lineal del tramo en m/km.



Así mismo, en la comprobación realizada del sistema trabajando con los caudales de diseño, se comprobó que la EDAR trabajando de forma continua y sin aporte desde la EBAR, presuriza el sistema hasta alcanzar valores por encima de 17 mca. En cambio, la EBAR trabajando de forma independiente y con la energía disponible, marcada por la cota de aporte, permite alcanzar una presión en el nudo de confluencia de aproximadamente 7 a 8 mca.

Durante una parada del sistema de bombeo, existirá un tiempo en el que la EDAR siga aportando caudal y la EBAR empiece a aliviar. Para conseguir modelizar la situación de aporte conjunto se han introducido los siguientes elementos virtuales en el modelo:

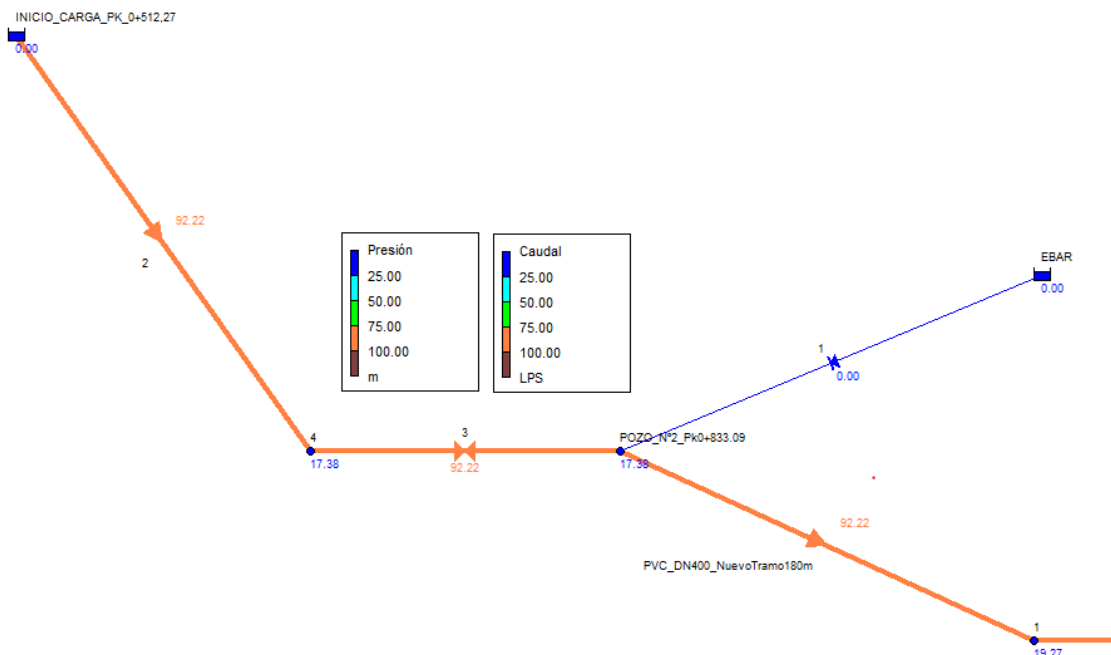
- **Válvula de limitadora de caudal** en el tramo desde la EDAR. Con este tipo de válvulas podemos regular el caudal de salida de la EDAR para analizar el comportamiento del sistema mientras se regula el caudal y, por lo tanto, la presión en el mismo durante el vaciado del caudal remanente de la EDAR.
- **Válvula de Retención** en el tramo desde la EBAR. La válvula se coloca para evitar el flujo inverso, es decir, siempre que la presión en el nudo sea superior a la línea de energía disponible desde la EBAR, la válvula entrará en funcionamiento, dejando un caudal nulo en el tramo. Así mismo, la válvula de retención permite mantener la presión en la red mientras no baje lo suficiente como para que se abra y permite el aporte de la EBAR.

Instalación de válvula de retención e inicio de aporte conjunto EDAR-EBAR para caudal de 92,22 l/s.

La EDAR descarga el caudal remanente con aporte continuo de 92,22 l/s, es decir, inicia la evacuación de caudal con lo que la presión en el pozo comienza a disminuir, durante este periodo inicial la presión sigue siendo lo suficientemente alta como para que la válvula de retención de la EBAR no permita el paso de agua, puesto que la presión en el nudo es mayor que la energía disponible.

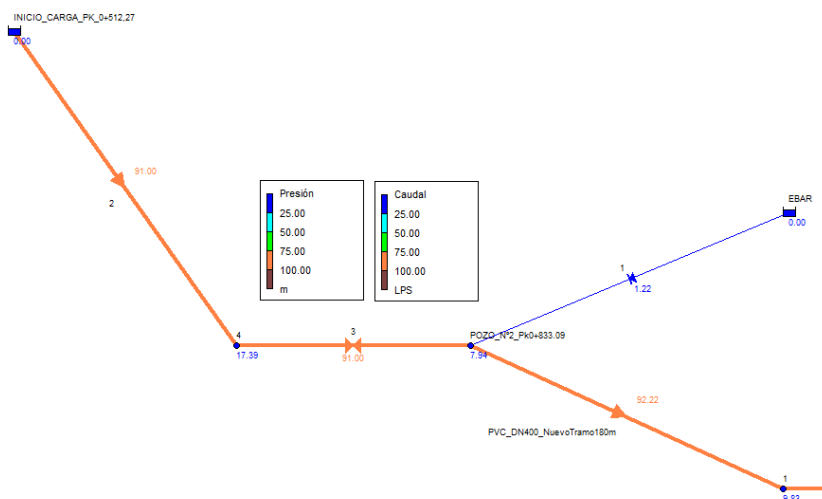


PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE PORTOCOLOM

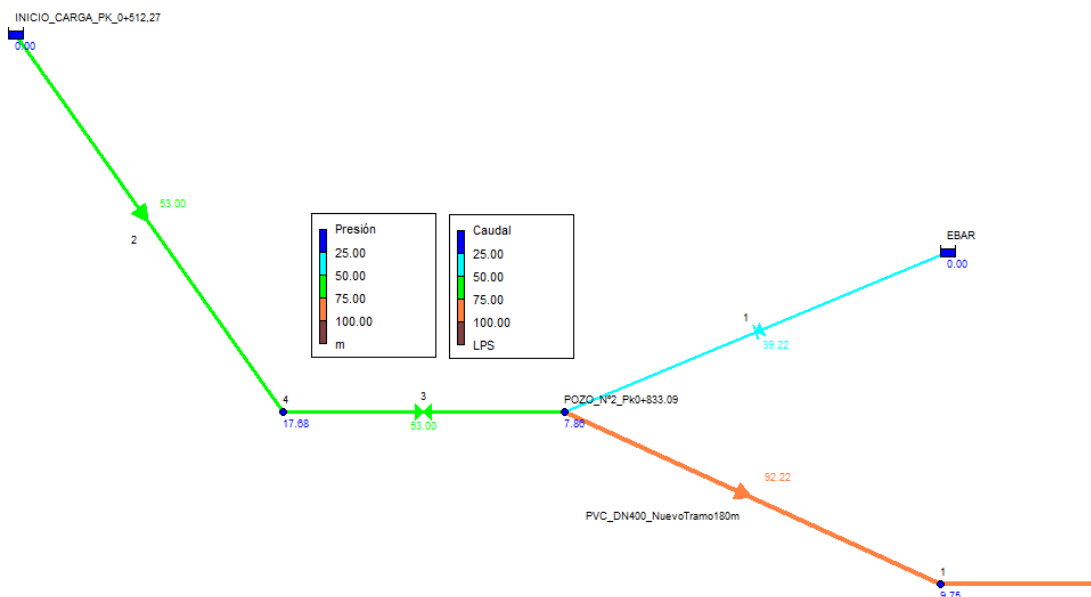


En el momento que el caudal aportado desde la EDAR comience a disminuir por debajo de los 92,22 l/s, la válvula de retención se abre y comienza a aportar caudal la EBAR. La presión en este momento se estabiliza en el sistema, produciéndose un descenso brusco de la misma debido a que la EBAR inicia el aporte de caudal.

En el momento en que se abre la válvula de retención la presión en el nudo baja de 17 mca aproximadamente hasta los 7,94 mca. Con esta presión en el nudo, la EDAR aporta 91 l/s y la EBAR inicia con un aporte de 1,22 l/s.



Cuando la EDAR disminuye su aporte hasta los 53 l/s, la EBAR podría estar aportando 39,22 l/s con una presión en el nudo de 7,86 mca.



A partir de este punto, la reducción de caudal sufrida desde la EDAR hasta el alivio de todo el caudal remanente, permitirá evacuar el agua por medio del alivio de la EBAR hasta alcanzar la capacidad máxima del tramo. Esta capacidad máxima se fijó en aproximadamente 87 l/s.

Como se ha comprobado, el sistema será capaz de evacuar de forma conjunta caudales desde la EDAR y EBAR tanto para el caudal futuro de 92,22 l/s como para el caudal actual de 53 l/s. Esta situación se consigue con la instalación de una válvula de retención que evite el flujo inverso en el tramo de la EBAR y teniendo en cuenta que el caudal desde la EDAR irá disminuyendo paulatinamente, permitiendo la apertura de la válvula y, por ende, la regulación de las presiones en el sistema, hasta alcanzar la presión aproximadamente 7,94 mca, momento en el cual inicia el aporte desde la EBAR.

10. AUTOLIMPIEZA

Conforme a lo recogido en la **Instrucción para el Vertido al mar desde tierra, de aguas residuales a través de emisarios submarinos**, donde se cita que “*Debe evitarse la sedimentación de los sólidos en suspensión en el interior del difusor. Para ello se estimará una velocidad mínima del efluente (generalmente entre 0,6 y 0,8 m/s) en función del tamaño máximo de las partículas presentes en el difusor que viene determinado por el tipo de tratamiento realizado, y se justificará que esta velocidad mínima se alcanza al menos una vez cada día en todas las secciones del difusor, para lo cual suele ser necesario disminuir el área de éstas escalonadamente*”, y dando cumplimiento a lo expuesto, se pueden plantear dos soluciones diferenciadas:

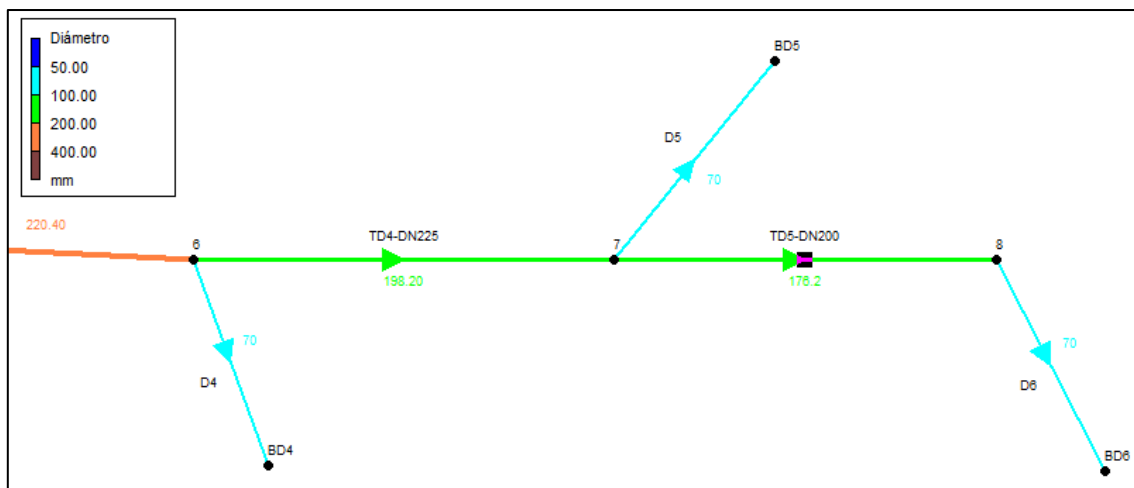
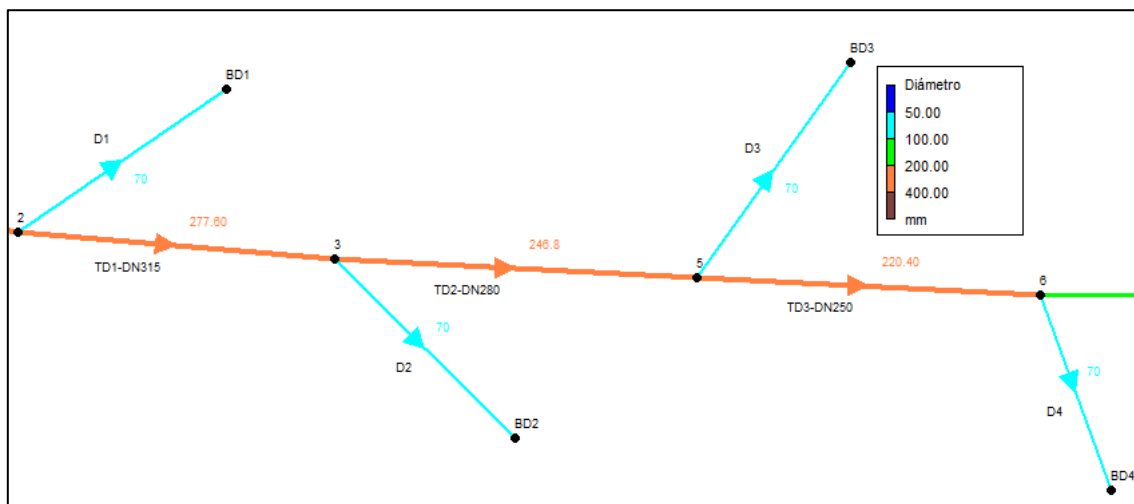
- Solución nº1: Realizar una comprobación de la red modificando el tramo difusor, reduciendo paulatinamente los diámetros a partir del inicial de 315 mm.

- Solución nº2: Prever procesos de autolimpieza con la frecuencia necesaria para garantizar la limpieza del interior del tubo.

10.1 SOLUCIÓN Nº1: REDUCCIÓN DIÁMETROS TRAMO DIFUSOR

La nueva distribución de diámetros de PEAD en el tramo difusor queda de la siguiente manera:

DN315 – DN280 – DN250 – DN225 – DN200



Con estos cambios se pretende dotar al sistema de capacidad de autolimpieza, asegurando en medida de lo posible su correcto funcionamiento en el año horizonte y dando un servicio correcto en la época actual.

Aun así, en función de los resultados obtenidos será necesaria, en los primeros años de funcionamiento, la autolimpieza del emisario que se deberá complementar con la impulsión de altos caudales que permitan superar la velocidad de 0,6 m/s en toda la red.



En la última comprobación realizada se han modelizado las mismas condiciones que en el apartado 7 “**Resumen de Resultados**” teniendo en cuenta las Hipótesis de diseño 1, 2, 4, 6 y 7 y presentando un cuadro resumen con los incrementos obtenidos en las velocidades en el tramo difusor.

La distribución de caudales se realiza de forma análoga a los casos anteriormente planteados, habiéndose comprobado que el % de caudal considerado en cada boca no sufre apenas cambios teniendo en cuenta los diferentes caudales considerados.

Así mismo, las características de los tubos son las mismas que en todas las hipótesis, tubos PEAD PN10:

DN	Espesores (mm)			Diámetro (mm)		
	PN6	PN10	PN16	PN6	PN10	PN16
110	4,20	6,60	12,30	101,60	96,80	85,40
125	4,80	7,40	14,00	115,40	110,20	97,00
140	5,40	8,30	15,70	129,20	123,40	108,60
160	6,20	9,50	17,90	147,60	141,00	124,20
180	6,90	10,70	20,10	166,20	158,60	139,80
200	7,70	11,90	22,40	184,60	176,20	155,20
225	8,60	13,40	25,20	207,80	198,20	174,60
250	9,60	14,80	27,90	230,80	220,40	194,20
280	10,70	16,60	31,30	258,60	246,80	217,40
315	11,90	18,70	35,20	291,20	277,60	244,60

Se presentan, a continuación, los resultados obtenidos:



	CARACTERÍSTICAS TUBERÍA			COMPROBACIÓN DE VELOCIDADES				
	DN (mm)	Dint (mm)	Material	HIP Nº1	HIP Nº2	HIP Nº4	HIP Nº6	HIP Nº7
Tramo Terrestre desde EDAR	400	369,40	PVC	1,25	--	0,86	0,50	--
Tramo Terrestre desde EBAR	400	369,40	PVC	--	0,81	--	--	0,50
Nuevo Tramo 180 m	400	369,40	PVC	1,25	0,81	0,86	0,50	0,50
Tramo Marítimo	315	277,60	PEAD	2,21	1,44	1,52	0,88	0,88
Difusor Tramo 1	315	277,60	PEAD	1,83	1,19	1,26	0,73	0,73
Difusor Tramo 2	280	246,80	PEAD	1,84	1,11	1,27	0,73	0,73
Difusor Tramo 3	250	220,40	PEAD	1,71	0,71	1,19	0,69	0,69
Difusor Tramo 4	225	198,20	PEAD	1,41	0,91	0,98	0,56	0,56
Difusor Tramo 5	200	176,20	PEAD	0,89	0,57	0,62	0,36	0,36
Boca Difusora 1	70		PEAD	5,93	3,88	4,11	2,36	2,36
Boca Difusora 2	70		PEAD	5,85	3,82	4,04	2,33	2,33
Boca Difusora 3	70		PEAD	5,79	3,77	4,00	2,30	2,30
Boca Difusora 4	70		PEAD	5,75	3,74	3,96	2,28	2,28
Boca Difusora 5	70		PEAD	5,73	3,72	3,94	2,27	2,27
Boca Difusora 6	70		PEAD	5,72	3,70	3,92	2,26	2,26
CAUDALES CONSIDERADOS				CAUDAL MÁXIMO		Q=92,22 l/s	Q=53,08 l/s	

- En Rojo aparecen los tramos principales donde no alcanzamos la velocidad mínima recomendada para la autolimpieza del emisario (mayor a 0,6 m/s).
- En Verde los tramos donde la velocidad supera los 0,6 m/s en tramo principal y los 2 m/s en las bocas difusoras.

Como se puede observar en el cuadro anterior, con la reducción paulatina de los diámetros del difusor se consigue mejorar considerablemente las velocidades de circulación en todas la hipótesis de cálculo. Si bien es cierto que no se recomienda la modificación del tramo terrestre (tanto de la EBAR como de la EDAR) debido a sufriría una considerable pérdida de capacidad, en los primeros años de funcionamiento será necesario aportar grandes caudales para asegurar la correcta limpieza de la red evitando la sedimentación en el tramo difusor.



Los resultados obtenidos para el caudal futuro de 92,22 l/s son correctos y satisfactorios. Conforme nos vamos acercando al caudal futuro, las velocidades de circulación mejoran estimándose que, a partir de un caudal de aproximadamente 75 l/s, caudal en el que pueden trabajar tanto la EDAR como la EBAR, los resultados mejoran considerablemente.

En este caso generamos la hipótesis final con un caudal intermedio entre los 92 y 53 l/s, quedando el cuadro resumen siguiente:

	CARACTERÍSTICAS TUBERÍA			COMPROBACIÓN DE VELOCIDADES					
	DN (mm)	Dint (mm)	Material	HIP Nº1	HIP Nº2	HIP Nº4	HIP Nº6	HIP Nº7	HIP FINAL
Tramo Terrestre desde EDAR	400	369,40	PVC	1,25	--	0,86	0,50	--	0,70
Tramo Terrestre desde EBAR	400	369,40	PVC	--	0,81	--	--	0,50	0,70
Nuevo Tramo 180 m	400	369,40	PVC	1,25	0,81	0,86	0,50	0,50	0,70
Tramo Marítimo	315	277,60	PEAD	2,21	1,44	1,52	0,88	0,88	0,88
Difusor Tramo 1	315	277,60	PEAD	1,83	1,19	1,26	0,73	0,73	1,03
Difusor Tramo 2	280	246,80	PEAD	1,84	1,11	1,27	0,73	0,73	1,03
Difusor Tramo 3	250	220,40	PEAD	1,71	0,71	1,19	0,69	0,69	0,97
Difusor Tramo 4	225	198,20	PEAD	1,41	0,91	0,98	0,56	0,56	0,80
Difusor Tramo 5	200	176,20	PEAD	0,89	0,57	0,62	0,36	0,36	0,50
Boca Difusora 1	70		PEAD	5,93	3,88	4,11	2,36	2,36	2,36
Boca Difusora 2	70		PEAD	5,85	3,82	4,04	2,33	2,33	2,33
Boca Difusora 3	70		PEAD	5,79	3,77	4,00	2,30	2,30	2,30
Boca Difusora 4	70		PEAD	5,75	3,74	3,96	2,28	2,28	2,28
Boca Difusora 5	70		PEAD	5,73	3,72	3,94	2,27	2,27	2,27
Boca Difusora 6	70		PEAD	5,72	3,70	3,92	2,26	2,26	2,26
CAUDALES CONSIDERADOS				CAUDAL MÁXIMO		Q=92,22 l/s	Q=53,08 l/s		Q=75 l/s



La disposición de un difusor con sección variable presenta inconvenientes que hay que tener en cuenta:

- Dificulta de forma considerable la instalación del tramo en el fondo marino dado que cada reducción debe colocarse mediante una unión mecánica.
- Empeora la uniformidad del flujo reduciendo la efectividad de la dilución.
- Empeora las tareas de mantenimiento.

Dado que, aunque el tramo difusor presente una sección variable, se deben llevar a cabo de la misma manera procesos de autolimpieza, y que con este proceso de autolimpieza se resuelve la problemática de sedimentación de sólidos en el interior del tubo, se considera no adecuado generar esta reducción en el tramo difusor y mantenerlo en su totalidad con diámetro 315 mm. Además, la EDAR de Portocolom consigue unos valores de depuración de las aguas muy correctos que reducen de forma considerable la cantidad de sólidos en el efluente.

10.2 SOLUCIÓN Nº2: COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD DE AUTOLIMPIEZA

Se opta por no reducir las secciones del tramo difusor para mejorar los valores de la velocidad del fluido debido a los inconvenientes que ello conlleva.

Para evitar los efectos de la sedimentación es necesario realizar una limpieza periódica del emisario, aumentado hasta un umbral dado y durante cierto tiempo la velocidad de circulación del efluente por el mismo. Esta velocidad se denomina velocidad crítica de autolimpieza de la tubería. Con ella se asegura la puesta en suspensión de los sedimentos acumulados.

Dicha velocidad crítica se corresponde a una tensión tangencial (τ) que se expresa como:

$$\tau = \rho * g * R_h * I$$

Donde:

ρ = densidad del agua (kg/m³)

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

R_h = diámetro interior (m)

I = pendiente de la línea piezométrica $\Delta h/L$

Por otro lado, de la fórmula de Manning, se tiene:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

donde:

V = velocidad media (m/s)



n = coef. de fricción de Manning

Combinando estas dos fórmulas para V , se obtiene:

$$V = \frac{Rh^{\frac{1}{6}}}{n} * \left(\frac{\tau}{\rho * g} \right)^{\frac{1}{2}}$$

En la literatura especializada se recomienda un valor de τ de 4 N/m² como tensión crítica de autolimpieza para colectores en alcantarillados unitarios.

Así, para una tubería de diámetro nominal 400 mm (352.6 mm de diámetro interior) y un coeficiente de Manning de 0,009, la velocidad crítica de autolimpieza es de 0,53 m/s. para una tubería de diámetro nominal 315 mm (277,6 mm de diámetro interior), la velocidad crítica de autolimpieza es de 0,51 m/s.

10.3 TIEMPO DE LIMPIEZA

En el caso que nos ocupa la limpieza se realizará mediante almacenado de un determinado volumen y su posterior evacuación. Esta operación debe repetirse hasta conseguir la duración necesaria para la operación de limpieza.

La velocidad media de autolimpieza será la velocidad media por encima de la crítica de autolimpieza, que ha quedado fijada en el epígrafe anterior.

El tiempo necesario para evacuar los sedimentos acumulados a lo largo de la tubería del emisario será igual al que tarde una partícula sedimentada en ir desde el principio del emisario hasta su final, viajando a la velocidad media de autolimpieza. Debido a que se necesita cierto tiempo adicional para poner los sedimentos en suspensión, ya que algunos de éstos se arrastran por el fondo y no se desplazarán con la velocidad del flujo, se optará un coeficiente de mayoración K del tiempo igual a 1,25. Por tanto, el tiempo necesario de limpieza se expresa de la siguiente forma:

$$T_{lim} = \frac{L_{emisario}}{V_{media}}$$

Para la longitud del emisario, de 2.293 metros y una velocidad media de autolimpieza igual a 0,51 m/s, el tiempo de limpieza necesario será de 75 minutos.

11. VELOCIDAD CRÍTICA DE ACUMULACIÓN DE AIRE INTERIOR

Para que no se vaya acumulando aire en los puntos altos de una conducción, o se dispone de una ventosa en dicho punto alto, o bien el agua tiene que llevar cierta velocidad para arrastrar las burbujas de aire hacia aguas abajo.

$$\frac{V_{arr}}{(g * D)^{\frac{1}{2}}} = 0,56 * (\text{sen} \alpha)^{\frac{1}{2}}$$



Donde “a” es un valor comprendido entre 0.45 y 0.61, dependiendo del volumen de aire a arrastrar, lo que a su vez depende de varios factores (cantidad de aire que entra en la conducción cantidad de aire o gases que se liberan de su solución en el agua, frecuencia con la que se alcanza una velocidad de arrastre, etc).

α es el ángulo del tramo descendente de la tubería con la horizontal.

Otra referencia es la fórmula, más antigua, de Wisner, Mohsen y Kouwen (1975), computada por Wheeler en una tabla que da las velocidades necesarias de arrastre en función del diámetro y la pendiente, sin considerar el parámetro “a”. Son velocidades más altas que las que se obtienen por la fórmula de HR WALLINGFORD, que es más actual.

Las velocidades de arrastre, para ser efectivas, han de ser frecuentes (se han de dar una vez al día, casi todos los días). También han de ser lo suficientemente duraderas para arrastrar el aire hasta el final de la tubería. Si no, el aire vuelve hacia el punto alto.

En principio tanteamos si es posible utilizar tubería PN10 DN315.

CAUDAL NECESARIO PARA ARRASTRAR AIRE HACIA AGUAS ABAJO

Datos		Resultados	
Gravedad (m/s ²)	9,8	Velocidad arrastre 1 (m/s)	0,75
Diámetro int. tub. (mm)	277,60	Velocidad arrastre 2 (m/s)	1,02
Pendiente (%)	1%	Caudal arrastre 1 (m ³ /s)	0,045
		Caudal arrastre 2 (m ³ /s)	0,061

Y para el caso del tramo terrestre que se dispone un colector de DN400:

CAUDAL NECESARIO PARA ARRASTRAR AIRE HACIA AGUAS ABAJO

Datos		Resultados	
Gravedad (m/s ²)	9,8	Velocidad arrastre 1 (m/s)	0,85
Diámetro int. tub. (mm)	352,60	Velocidad arrastre 2 (m/s)	1,14
Pendiente (%)	1%	Caudal arrastre 1 (m ³ /s)	0,083
		Caudal arrastre 2 (m ³ /s)	0,112

Como se ha comentado en el apartado 8.4 del presente anejo, para los caudales actuales de vertido de 353,08 l/s, la velocidad en el tramo terrestre es de 0.5 m/s y en el tramo marino alcanza los 0.88 m/s. Si bien en el tramo marino la velocidad que se alcanza es ligeramente superior a la velocidad crítica, se estima conveniente y necesario instalar en los puntos críticos del trazado ventosas de aireación. En este caso se considera como punto crítico la conexión entre el tramo terrestre del emisario y el nuevo aliviadero.

11.1 DIMENSIONAMIENTO DE VENTOSAS

A lo largo de todo el tramo del emisario existe un punto alto. Dado que este punto alto queda en un tramo en el que existen pozos de registro no se prevé necesario la disposición de ninguna ventosa trifuncional en este tramo.

La nueva conexión que se realizará entre el tramo terrestre del emisario y el nuevo aliviadero generará un punto crítico en la instalación. Se prevé instalar sobre dos ramales de la Y de conexión dos ventosas trifuncionales. Una se colocará sobre el ramal del tramo marino y la otra sobre el ramal del aliviadero, antes de la válvula de retención.

Tubería PE. Diámetro interior 352.6 mm

Caudal circulación:

- Escenario actual alta presión: 53,08 l/s = 3,19 m³/min
- Escenario actual baja presión: 20 l/s = 1,2 m³/min
- Escenario futuro 92,22 l/s = 5,53 m³/min

Sobrepresión de llenado:

- Se estima sobrepresión de llenado de 3.5 mca máxima.
- Q aire = Q llenado

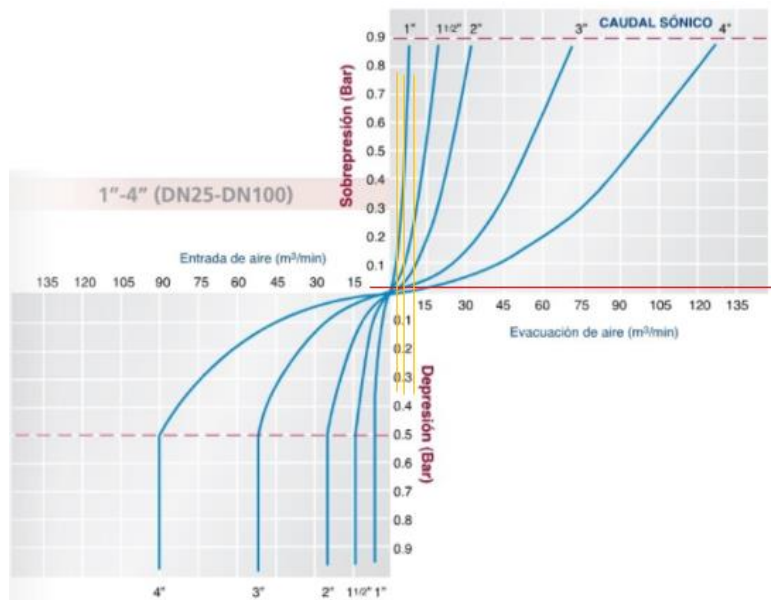


Ilustración 7. Capacidad de admisión y evacuación de ventosas según sobrepresiones y depresiones (IRUA)

Para los tres escenarios es suficiente con una ventosa de 1".

Depresión de vaciado

- Pendiente del tramo: 0.0018 = 0.18%
- Se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = 1,2916 \times 10^{-5} \times C \times S^{0,54} \times D^{2,63}$$

Donde,

Q = Caudal de agua debido a la gravedad (m³/h)

S = Pendiente de la tubería (m/m)

D = Diámetro interior de la tubería (mm)

C = Coeficiente de pérdida de carga (*Hazen-Williams*)

PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE PORTOCOLOM

	Prandtl-Colebrook		Hazen-Williams		Manning	
Material	k (mm)		c		n	
	Nueva	En servicio	Nueva	En servicio	Nueva	En servicio
Fundición	0,03	0,2	130	100	0,012	0,017
Hormigón	0,3	3,0	140	110	0,013	0,017
Acero	0,03	0,1	120	90	0,008	0,011
Polietileno	0,005	0,03	150	140	0,007	0,009
PRFV	0,03	0,06	110	100	0,009	0,010
PVC	0,002	0,003	150	140	0,007	0,009
PVC-O	0,003	0,007	150	140	0,007	0,009

$$Q_{\text{desagüe}} = 1.2916 \cdot 10^{-5} \cdot 150 \cdot 0.0018^{0.54} \cdot 352.6^{2.63} = 319.46 \text{ m}^3/\text{h} = 5.32 \text{ m}^3/\text{min}$$

Dado que:

Diámetro de la conducción (mm)	D < 200	200 ≤ D < 350	350 ≤ D < 700	350 ≤ D < 1.000
Caudal a evacuar (q)	q = Q	q = Q/2	q = Q/3	q = Q/4
Tamaño desagüe (mm)	80	100	150	200

$$Q_{\text{evacuar}} = Q_{\text{desagüe}}/3 = 1.84 \text{ m}^3/\text{min}$$

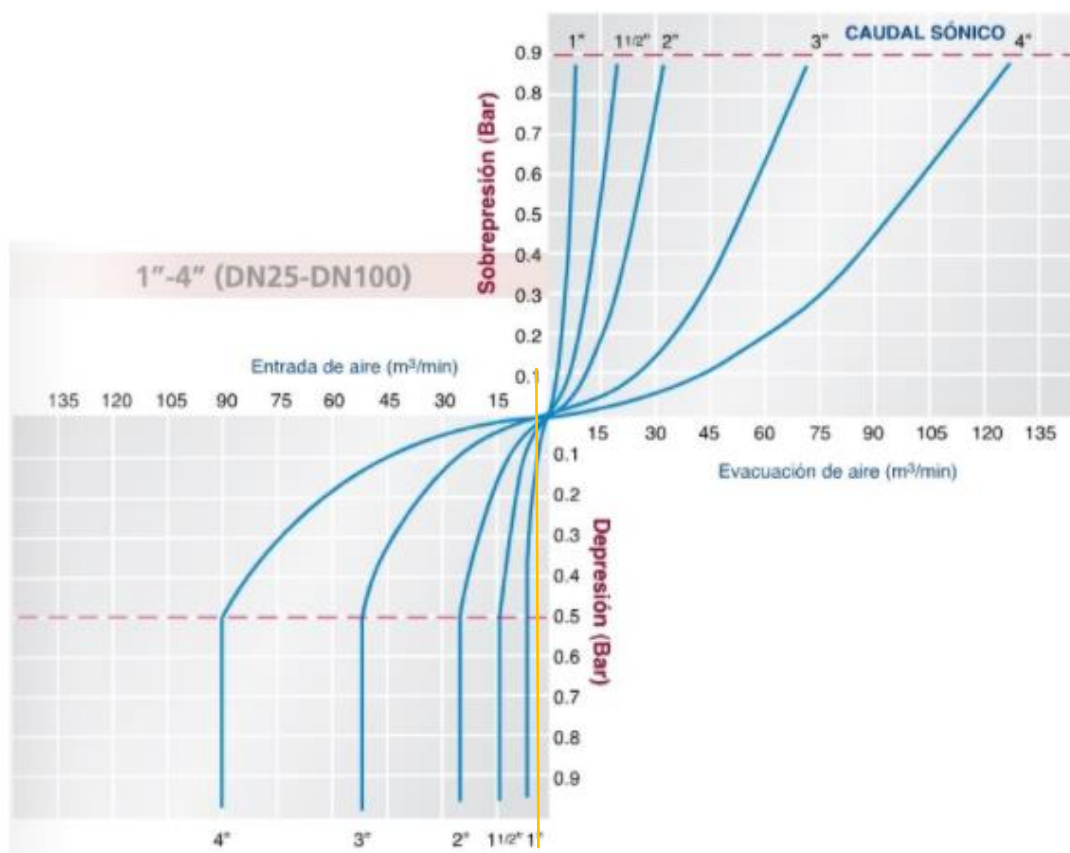


Ilustración 8. Gráfico de capacidad de admisión y evacuación de ventosas según sobrepresiones y depresiones (IRUA)



Es suficiente con una ventosa de 1".

Dado que tanto para la admisión como para la evacuación de aire es suficiente con 1", se elige este tamaño para la ventosa a disponer.

12. RESUMEN

El sistema formado por tramo terrestre EDAR-Aliviadero EBAR- tramo marino funcionará de forma correcta en todas las situaciones estudiadas. En todos los escenarios planteados se obtienen rangos de velocidades adecuados y los procesos de autolimpieza garantizarán que no exista sedimentación en el interior del tubo.

Por otro lado, se ha comprobado que una eventual parada del sistema de bombeo, permitirá el aporte conjunto EBAR-EDAR una vez se comience a disminuir el caudal que aporte la EDAR desde el límite máximo fijado de 92,22 l/s. Con estos caudales máximos en aporte continuo, se ha comprobado que la válvula de retención trabaja impidiendo el flujo inverso y manteniendo la presión en el sistema, marcada por la cota geométrica de la EDAR. Una vez se abre la válvula, disminuye la presión, por la disminución paulatina de caudal de la EDAR y el inicio del aporte de la EBAR. En este punto, el caudal previsto, irá "vacando" el tramo de la EDAR y pasando a ser aportado desde la EBAR.

Es importante recalcar, que esta situación excepcional, no será el funcionamiento normal del sistema, y como tal, solo se ha comprobado que, en caso de avería, el sistema será capaz de evacuar todas las aguas, tanto desde la EDAR como desde la EBAR. Se han obviado el funcionamiento hidráulico del sistema difusor entendiendo que esta situación eventual no puede ser limitante para el diseño final propuesto para el presente emisario.

Se dispondrá de una válvula de retención en el ramal del aliviadero para evitar el flujo de efluente EDAR-EBAR.

Se dispondrán ventosas de aireación en el punto de conexión tramo terrestre EDAR-Aliviadero para garantizar la evacuación de aire del sistema.

APÉNDICE 1 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 1

```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad           *
*                               de Redes Hidráulicas a Presión             *
*                               Versión 2.0 Ve                             *
*                               Traducido por:                             *
*                               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*                               Universidad Politécnica de Valencia         *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (MAXIMO)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2		1129	277.60		
TD1	2	3	7	277.60		
TD2	3	5	7	277.6		
TD3	5	6	7	277.6		
TD4	6	7	7	277.6		
TD5	7	8	7	277.6		
D1	2	4	1.5	70		
D2	3	9	1.5	70		
D3	5	10	1.5	70		
D4	6	11	1.5	70		
D5	7	12	1.5	70		
D6	8	13	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	18.12	16.92	0.00	
1	0.00	17.51	18.51	0.00	
2	0.00	4.37	29.37	0.00	
3	0.00	4.29	29.69	0.00	
5	0.00	4.24	30.04	0.00	
6	0.00	4.21	30.41	0.00	
7	0.00	4.20	30.80	0.00	
8	0.00	4.20	31.20	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27	-133.80		19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	0.00	9.14	0.00	0.00	Embalse
4	22.81	1.15	0.00	0.00	Embalse
9	22.50	1.16	0.00	0.00	Embalse



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
10	22.29	1.17	0.00	0.00 Embalse
11	22.15	1.18	0.00	0.00 Embalse
12	22.06	1.19	0.00	0.00 Embalse
13	22.01	1.20	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		133.80	1.25	3.43	Abierto
PVC_DN400_EDAR	133.80	1.25	3.01		Abierto
TramoMarino1129m	133.80	2.21	11.64		Abierto
TD1	111.00	1.83	10.59		Abierto
TD2	88.50	1.46	6.94		Abierto
TD3	66.21	1.09	4.05		Abierto
TD4	44.07	0.73	1.90		Abierto
TD5	22.01	0.36	0.53		Abierto
D1	22.81	5.93	2143.72		Abierto
D2	22.50	5.85	2087.65		Abierto
D3	22.29	5.79	2048.59		Abierto
D4	22.15	5.75	2023.04		Abierto
D5	22.06	5.73	2007.48		Abierto
D6	22.01	5.72	1998.34		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	0.00	0.00	0.00	0.00	Cerrado

APÉNDICE 2 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 2

```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad            *
*                               de Redes Hidráulicas a Presión              *
*                               Versión 2.0 Ve                             *
*                               Traducido por:                             *
*                               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*                               Universidad Politécnica de Valencia          *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (MAXIMO)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2	2	1129	277.60		
TD1	2	3	7	277.60		
TD2	3	5	7	277.6		
TD3	5	6	7	277.6		
TD4	6	7	7	277.6		
TD5	7	8	7	277.6		
D1	2	4	1.5	70		
D2	3	9	1.5	70		
D3	5	10	1.5	70		
D4	6	11	1.5	70		
D5	7	12	1.5	70		
D6	8	13	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	8.81	7.61	0.00	
1	0.00	8.53	9.53	0.00	
2	0.00	2.55	27.55	0.00	
3	0.00	2.51	27.91	0.00	
5	0.00	2.49	28.29	0.00	
6	0.00	2.48	28.68	0.00	
7	0.00	2.47	29.07	0.00	
8	0.00	2.47	29.47	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27	0.00	19.05	0.00	0.00	Embalse
EBAR	-87.06	9.14	0.00	0.00	Embalse
4	14.93	1.15	0.00	0.00	Embalse
9	14.69	1.16	0.00	0.00	Embalse



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
10	14.52	1.17	0.00	0.00 Embalse
11	14.39	1.18	0.00	0.00 Embalse
12	14.30	1.19	0.00	0.00 Embalse
13	14.23	1.20	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		87.06	0.81	1.55	Abierto
PVC_DN400_EDAR	0.00	0.00	0.00		Cerrado
TramoMarino1129m	87.06	1.44	5.30		Abierto
TD1	72.13	1.19	4.74		Abierto
TD2	57.44	0.95	3.11		Abierto
TD3	42.92	0.71	1.81		Abierto
TD4	28.53	0.47	0.86		Abierto
TD5	14.23	0.24	0.24		Abierto
D1	14.93	3.88	930.18		Abierto
D2	14.69	3.82	901.37		Abierto
D3	14.52	3.77	880.20		Abierto
D4	14.39	3.74	865.06		Abierto
D5	14.30	3.72	854.40		Abierto
D6	14.23	3.70	846.62		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	87.06	0.81	1.56		Abierto

APÉNDICE 3 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 3


```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad           *
*                               de Redes Hidráulicas a Presión             *
*                               Versión 2.0 Ve                             *
*                               Traducido por:                             *
*                               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*                               Universidad Politécnica de Valencia         *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (MAXIMO)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2		1129	277.60		
TD1	2	3	7	277.60		
TD2	3	5	7	277.6		
TD3	5	6	7	277.6		
TD4	6	7	7	277.6		
TD5	7	8	7	277.6		
D1	2	4	1.5	70		
D2	3	9	1.5	70		
D3	5	10	1.5	70		
D4	6	11	1.5	70		
D5	7	12	1.5	70		
D6	8	13	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad	
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	12.20	11.00	0.00	
1	0.00	11.80	12.80	0.00	
2	0.00	3.20	28.20	0.00	
3	0.00	3.15	28.55	0.00	
5	0.00	3.12	28.92	0.00	
6	0.00	3.10	29.30	0.00	
7	0.00	3.09	29.69	0.00	
8	0.00	3.09	30.09	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27	-396.28		19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	290.13	9.14	0.00	0.00	Embalse
4	18.14	1.15	0.00	0.00	Embalse
9	17.88	1.16	0.00	0.00	Embalse



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
10	17.69	1.17	0.00	0.00 Embalse
11	17.56	1.18	0.00	0.00 Embalse
12	17.47	1.19	0.00	0.00 Embalse
13	17.41	1.20	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		106.15	0.99	2.23	Abierto
PVC_DN400_EDAR	396.28	3.70	22.26		Abierto
TramoMarino1129m	106.15	1.75	7.62		Abierto
TD1	88.01	1.45	6.87		Abierto
TD2	70.13	1.16	4.50		Abierto
TD3	52.44	0.87	2.63		Abierto
TD4	34.88	0.58	1.24		Abierto
TD5	17.41	0.29	0.35		Abierto
D1	18.14	4.71	1365.46		Abierto
D2	17.88	4.65	1326.74		Abierto
D3	17.69	4.60	1299.06		Abierto
D4	17.56	4.56	1280.13		Abierto
D5	17.47	4.54	1267.69		Abierto
D6	17.41	4.52	1259.40		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	-290.13		2.71	14.58	Abierto

APÉNDICE 4 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 4

```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Análisis Hidráulico y de Calidad           *
*                               de Redes Hidráulicas a Presión             *
*                               Versión 2.0 Ve                             *
*                               Traducido por:                             *
*                               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*                               Universidad Politécnica de Valencia         *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (92.22)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2		1129	277.60		
TD1	2	3	7	277.60		
TD2	3	5	7	277.6		
TD3	5	6	7	277.6		
TD4	6	7	7	277.6		
TD5	7	8	7	277.6		
D1	2	BD1	1.5	70		
D2	3	BD2	1.5	70		
D3	5	BD3	1.5	70		
D4	6	BD4	1.5	70		
D5	7	BD5	1.5	70		
D6	8	BD6	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	18.58	17.38	0.00
1	0.00	18.27	19.27	0.00
2	0.00	11.62	36.62	0.00
3	0.00	11.58	36.98	0.00
5	0.00	11.56	37.36	0.00
6	0.00	11.54	37.74	0.00
7	0.00	11.54	38.14	0.00
8	0.00	11.53	38.53	0.00
BD1	15.82	10.05	8.90	0.00
BD2	15.56	10.07	8.91	0.00
BD3	15.38	10.08	8.91	0.00
BD4	15.24	10.09	8.91	0.00



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad	
Nudo	LPS	m	m		
BD5	15.15	10.10	8.91	0.00	
BD6	15.07	10.11	8.91	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27		-92.22	19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	0.00	9.14	0.00	0.00	Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		92.22	0.86	1.72	Abierto
PVC_DN400_EDAR	92.22	0.86	1.53		Abierto
TramoMarino1129m	92.22	1.52	5.89		Abierto
TD1	76.40	1.26	5.28		Abierto
TD2	60.84	1.01	3.46		Abierto
TD3	45.46	0.75	2.02		Abierto
TD4	30.22	0.50	0.95		Abierto
TD5	15.07	0.25	0.27		Abierto
D1	15.82	4.11	1042.61		Abierto
D2	15.56	4.04	1009.13		Abierto
D3	15.38	4.00	986.27		Abierto
D4	15.24	3.96	968.67		Abierto
D5	15.15	3.94	957.44		Abierto
D6	15.07	3.92	947.51		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	0.00	0.00	0.00	0.00	Cerrado

APÉNDICE 5 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 5

```

*****
*                               *
*               E P A N E T      *
*               Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*               de Redes Hidráulicas a Presión        *
*               Versión 2.0 Ve                        *
*                               *
*               Traducido por:                        *
*               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos      *
*               Universidad Politécnica de Valencia      *
*                               *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (92.22)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2		1129	277.60		
TD1	2	3	7	277.60		
TD2	3	5	7	277.6		
TD3	5	6	7	277.6		
TD4	6	7	7	277.6		
TD5	7	8	7	277.6		
D1	2	BD1	1.5	70		
D2	3	BD2	1.5	70		
D3	5	BD3	1.5	70		
D4	6	BD4	1.5	70		
D5	7	BD5	1.5	70		
D6	8	BD6	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	8.78	7.58	0.00
1	0.00	8.47	9.47	0.00
2	0.00	1.81	26.81	0.00
3	0.00	1.78	27.18	0.00
5	0.00	1.75	27.55	0.00
6	0.00	1.74	27.94	0.00
7	0.00	1.73	28.33	0.00
8	0.00	1.73	28.73	0.00
BD1	15.82	0.25	-0.90	0.00
BD2	15.56	0.26	-0.90	0.00
BD3	15.38	0.27	-0.90	0.00
BD4	15.24	0.29	-0.89	0.00



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad	
Nudo	LPS	m	m		
BD5	15.15	0.30	-0.89	0.00	
BD6	15.07	0.31	-0.89	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27		0.00	19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	-92.22	9.14	0.00	0.00	Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		92.22	0.86	1.72	Abierto
PVC_DN400_EDAR	0.00	0.00	0.00		Cerrado
TramoMarino1129m	92.22	1.52	5.89		Abierto
TD1	76.40	1.26	5.28		Abierto
TD2	60.84	1.01	3.46		Abierto
TD3	45.46	0.75	2.02		Abierto
TD4	30.22	0.50	0.95		Abierto
TD5	15.07	0.25	0.27		Abierto
D1	15.82	4.11	1042.61		Abierto
D2	15.56	4.04	1009.13		Abierto
D3	15.38	4.00	986.27		Abierto
D4	15.24	3.96	968.67		Abierto
D5	15.15	3.94	957.44		Abierto
D6	15.07	3.92	947.51		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	92.22		0.86	1.74	Abierto

APÉNDICE 6 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 6

```

*****
*                               *
*               E P A N E T      *
*               Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*               de Redes Hidráulicas a Presión        *
*               Versión 2.0 Ve                        *
*                               *
*               Traducido por:                        *
*               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos      *
*               Universidad Politécnica de Valencia    *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (53.08)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180 369.4
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09			307.66	369.40
TramoMarino1129m1	2		1129	277.60
TD1	2	3	7	277.60
TD2	3	5	7	277.6
TD3	5	6	7	277.6
TD4	6	7	7	277.6
TD5	7	8	7	277.6
D1	2	BD1	1.5	70
D2	3	BD2	1.5	70
D3	5	BD3	1.5	70
D4	6	BD4	1.5	70
D5	7	BD5	1.5	70
D6	8	BD6	1.5	70
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09	210	369.40

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	18.88	17.68	0.00
1	0.00	18.77	19.77	0.00
2	0.00	16.33	41.33	0.00
3	0.00	16.32	41.72	0.00
5	0.00	16.31	42.11	0.00
6	0.00	16.30	42.50	0.00
7	0.00	16.30	42.90	0.00
8	0.00	16.30	43.30	0.00
BD1	9.10	15.80	14.65	0.00
BD2	8.95	15.81	14.65	0.00
BD3	8.85	15.81	14.64	0.00
BD4	8.77	15.81	14.63	0.00



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad	
Nudo	LPS	m	m		
BD5	8.72	15.82	14.63	0.00	
BD6	8.69	15.82	14.62	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27		-53.08	19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	0.00	9.14	0.00	0.00	Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		53.08	0.50	0.62	Abierto
PVC_DN400_EDAR	53.08	0.50	0.56		Abierto
TramoMarino1129m	53.08	0.88	2.16		Abierto
TD1	43.98	0.73	1.90		Abierto
TD2	35.03	0.58	1.25		Abierto
TD3	26.18	0.43	0.73		Abierto
TD4	17.41	0.29	0.35		Abierto
TD5	8.69	0.14	0.10		Abierto
D1	9.10	2.36	351.40		Abierto
D2	8.95	2.33	340.11		Abierto
D3	8.85	2.30	332.69		Abierto
D4	8.77	2.28	326.81		Abierto
D5	8.72	2.27	323.16		Abierto
D6	8.69	2.26	320.98		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	0.00	0.00	0.00	0.00	Cerrado

APÉNDICE 7 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS Nº 7

```

*****
*                               *
*               E P A N E T      *
*               Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*               de Redes Hidráulicas a Presión        *
*               Versión 2.0 Ve                        *
*                               *
*               Traducido por:                        *
*               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos      *
*               Universidad Politécnica de Valencia    *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (53.08)_V02.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180 369.4
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66 369.40
TramoMarino1129m1	2		1129	277.60
TD1	2	3	7	277.60
TD2	3	5	7	277.6
TD3	5	6	7	277.6
TD4	6	7	7	277.6
TD5	7	8	7	277.6
D1	2	BD1	1.5	70
D2	3	BD2	1.5	70
D3	5	BD3	1.5	70
D4	6	BD4	1.5	70
D5	7	BD5	1.5	70
D6	8	BD6	1.5	70
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210 369.40

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	9.01	7.81	0.00
1	0.00	8.90	9.90	0.00
2	0.00	6.46	31.46	0.00
3	0.00	6.45	31.85	0.00
5	0.00	6.44	32.24	0.00
6	0.00	6.43	32.63	0.00
7	0.00	6.43	33.03	0.00
8	0.00	6.43	33.43	0.00
BD1	9.10	5.93	4.78	0.00
BD2	8.95	5.94	4.78	0.00
BD3	8.85	5.94	4.77	0.00
BD4	8.77	5.94	4.76	0.00



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad	
Nudo	LPS	m	m		
BD5	8.72	5.95	4.76	0.00	
BD6	8.69	5.95	4.75	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27		0.00	19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	-53.08	9.14	0.00	0.00	Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		53.08	0.50	0.62	Abierto
PVC_DN400_EDAR	0.00	0.00	0.00		Cerrado
TramoMarino1129m	53.08	0.88	2.16		Abierto
TD1	43.98	0.73	1.90		Abierto
TD2	35.03	0.58	1.25		Abierto
TD3	26.18	0.43	0.73		Abierto
TD4	17.41	0.29	0.35		Abierto
TD5	8.69	0.14	0.10		Abierto
D1	9.10	2.36	351.40		Abierto
D2	8.95	2.33	340.11		Abierto
D3	8.85	2.30	332.69		Abierto
D4	8.77	2.28	326.81		Abierto
D5	8.72	2.27	323.16		Abierto
D6	8.69	2.26	320.98		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	53.08		0.50	0.63	Abierto

APÉNDICE 8 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS FINAL (EDAR)

```

*****
*                               *
*               E P A N E T      *
*               Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*               de Redes Hidráulicas a Presión        *
*               Versión 2.0 Ve                        *
*                               *
*               Traducido por:                        *
*               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos      *
*               Universidad Politécnica de Valencia    *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (intermedio)_mod.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2	2	1129	277.60		
TD1-DN315	2	3	7	277.60		
TD2-DN280	3	5	7	246.8		
TD3-DN250	5	6	7	220.40		
TD4-DN225	6	7	7	198.20		
TD5-DN200	7	8	7	176.20		
D1	2	BD1	1.5	70		
D2	3	BD2	1.5	70		
D3	5	BD3	1.5	70		
D4	6	BD4	1.5	70		
D5	7	BD5	1.5	70		
D6	8	BD6	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	18.73	17.53	0.00
1	0.00	18.52	19.52	0.00
2	0.00	13.95	38.95	0.00
3	0.00	13.93	39.33	0.00
5	0.00	13.90	39.70	0.00
6	0.00	13.87	40.07	0.00
7	0.00	13.85	40.45	0.00
8	0.00	13.84	40.84	0.00
BD1	12.86	12.91	11.76	0.00
BD2	12.65	12.92	11.76	0.00
BD3	12.51	12.91	11.74	0.00
BD4	12.40	12.90	11.72	0.00



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
BD5	12.32	12.89	11.70	0.00
BD6	12.26	12.89	11.69	0.00
INICIO_CARGA_PK_0+512,27		-75.00	19.05	0.00 0.00 Embalse
EBAR	0.00	9.14	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km	
PVC_DN400_NuevoTramo180m		75.00	0.70	1.18 Abierto
PVC_DN400_EDAR	75.00	0.70	1.05	Abierto
TramoMarino1129m	75.00	1.24	4.04	Abierto
TD1-DN315	62.14	1.03	3.60	Abierto
TD2-DN280	49.49	1.03	4.08	Abierto
TD3-DN250	36.98	0.97	4.04	Abierto
TD4-DN225	24.58	0.80	3.14	Abierto
TD5-DN200	12.26	0.50	1.53	Abierto
D1	12.86	3.34	693.48	Abierto
D2	12.65	3.29	671.38	Abierto
D3	12.51	3.25	656.84	Abierto
D4	12.40	3.22	645.53	Abierto
D5	12.32	3.20	637.36	Abierto
D6	12.26	3.19	631.27	Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	0.00	0.00	0.00	Cerrado

APÉNDICE 9 – INFORME DE CÁLCULO HIPÓTESIS FINAL (EBAR)

```

*****
*                               *
*               E P A N E T     *
*               Análisis Hidráulico y de Calidad      *
*               de Redes Hidráulicas a Presión        *
*               Versión 2.0 Ve                        *
*                               *
*               Traducido por:                        *
*               Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*               Universidad Politécnica de Valencia    *
*****

```

Archivo de Entrada: PORTOCOLOM (intermedio)_mod.net

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm		
PVC_DN400_NuevoTramo180mPOZO_Nº2_Pk0+833.091				180	369.4	
PVC_DN400_EDARINICIO_CARGA_PK_0+512,27POZO_Nº2_Pk0+833.09				307.66	369.40	
TramoMarino1129m1	2	2	1129	277.60		
TD1-DN315	2	3	7	277.60		
TD2-DN280	3	5	7	246.8		
TD3-DN250	5	6	7	220.40		
TD4-DN225	6	7	7	198.20		
TD5-DN200	7	8	7	176.20		
D1	2	BD1	1.5	70		
D2	3	BD2	1.5	70		
D3	5	BD3	1.5	70		
D4	6	BD4	1.5	70		
D5	7	BD5	1.5	70		
D6	8	BD6	1.5	70		
PVC_DN400_AliviaderoEBAR		POZO_Nº2_Pk0+833.09		210	369.40	

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
POZO_Nº2_Pk0+833.09	0.00	8.89	7.69	0.00
1	0.00	8.68	9.68	0.00
2	0.00	4.12	29.12	0.00
3	0.00	4.09	29.49	0.00
5	0.00	4.06	29.86	0.00
6	0.00	4.03	30.23	0.00
7	0.00	4.01	30.61	0.00
8	0.00	4.00	31.00	0.00
BD1	12.86	3.08	1.93	0.00
BD2	12.65	3.08	1.92	0.00
BD3	12.51	3.08	1.91	0.00
BD4	12.40	3.07	1.89	0.00



Página 2

Resultados de Nudo: (continuación)

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad	
Nudo	LPS	m	m		
BD5	12.32	3.06	1.87	0.00	
BD6	12.26	3.05	1.85	0.00	
INICIO_CARGA_PK_0+512,27		0.00	19.05	0.00	0.00 Embalse
EBAR	-75.00	9.14	0.00	0.00	Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
PVC_DN400_NuevoTramo180m		75.00	0.70	1.18	Abierto
PVC_DN400_EDAR	0.00	0.00	0.00		Cerrado
TramoMarino1129m	75.00	1.24	4.04		Abierto
TD1-DN315	62.14	1.03	3.60		Abierto
TD2-DN280	49.49	1.03	4.08		Abierto
TD3-DN250	36.98	0.97	4.04		Abierto
TD4-DN225	24.58	0.80	3.14		Abierto
TD5-DN200	12.26	0.50	1.53		Abierto
D1	12.86	3.34	693.48		Abierto
D2	12.65	3.29	671.38		Abierto
D3	12.51	3.25	656.84		Abierto
D4	12.40	3.22	645.53		Abierto
D5	12.32	3.20	637.36		Abierto
D6	12.26	3.19	631.27		Abierto
PVC_DN400_Aliviadero	75.00	0.70	1.19		Abierto