



ANEJO 11. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 PERFILES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD	3
1.2 CORRIENTES	3
1.3 COEFICIENTES DE DISPERSIÓN	4
1.4 COEFICIENTES DE AUTODEPURACIÓN	5
1.5 BIOCENOSIS Y CONTAMINACIÓN DE FONDO	6
1.6 CÁLCULO DE LA DILUCIÓN INICIAL.....	7
1.6.1 CÁLCULO EN EL CASO DE COLUMNA HOMOGÉNEA (NO ESTRATIFICADA).....	8
1.6.2 Cálculo en el caso de columna estratificada.....	10
1.7 BATIMETRÍA, GEOFÍSICA Y GEOTECNIA	13
1.8 CLIMA MARÍTIMO.....	13
1.9 DINÁMICA LITORAL	14
2. DATOS DE CAMPO	14
2.1 AGUAS	14
2.2 NITRATOS Y FOSFATOS.....	19
2.3 MATERIA ORGÁNICA	20
2.4 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	20
2.5 GRANULOMETRÍA	21
2.6 BIPLANOS.....	21
2.7 CORRIENTES	22
2.8 GRASAS.....	25
2.9 SONAR DE BARRIDO LATERAL.....	26
2.10 CONCLUSIONES Y DESVIACIONES DE LOS RESULTADOS	27



3. DESCRIPCIÓN BIONÓMICA DE LOS FONDOS POR LOS QUE DISCURRE EL EMISARIO 28

ANEJO 11. PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto del emisario debe tener en cuenta los parámetros oceanográficos que, a continuación, se indican:

- Perfiles de temperatura y salinidad en la zona de vertido.
- Corrientes.
- Coeficientes de dispersión de la pluma.
- Coeficientes de autodepuración de los parámetros no conservativos.
- Biocenosis inicial y contaminación de fondo.
- Batimetría, geofísica y geotecnia.
- Clima marítimo.
- Dinámica litoral.

Para la determinación de estos parámetros oceanográficos se ha tenido en cuenta lo siguiente:

1.1 PERFILES DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

Para tener más conocimiento se ha estudiado los perfiles de temperatura y salinidad en el punto de vertido. A partir del conocimiento de estos dos parámetros se ha determinado el perfil de densidades, la estratificación de las aguas y el posible atrapamiento del penacho antes de llegar a la superficie.

La determinación de estos perfiles se ha realizado mediante el empleo de medidores portátiles, los cuales permiten la medida simultánea de ambos parámetros.

La precisión de los datos que se han obtenido son como mínimo una décima de grado para la temperatura y la centena de microsiemens/cm para la salinidad (expresada como conductividad eléctrica). Con ello se asegura una correcta determinación de la estratificación y el atrapamiento.

Las medidas de perfiles de temperatura y salinidad deberán realizarse bajo distintas condiciones meteorológicas e hidráulicas con el fin de disponer de una estadística representativa.

1.2 CORRIENTES

Se ha realizado un estudio de corrientes con un doble fin:

- Determinar las acciones mecánicas sobre el emisario, producidas por las corrientes debidas a causas distintas del oleaje.
- Evaluar la dilución, transporte, dispersión y autodepuración del efluente en la zona afectada por éste.

Se ha realizado una estimación de la posición y características del difusor con el fin de concentrar las medidas en la zona de interés.

Se ha utilizado las Recomendaciones Generales del programa ROM (Recomendaciones para Obras Marítimas) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. No obstante, se considerarán las siguientes acciones debidas a las corrientes (emisarios no enterrados):

- Fuerza de arrastre: $F_a = C_a \cdot r_a \cdot U_a^2 \cdot D/2$
- Fuerza de elevación: $F_e = C_e \cdot r_a \cdot U_a^2 \cdot D/2$

Se toma como velocidad de cálculo « U_a » la que corresponde al 95 por 100 de no excedencia. Como valores de los coeficientes, se toman $C_a = 0,9$ y $C_e = 0,5$, aunque este último disminuye casi hasta 0, cuando el emisario está enterrado hasta la mitad o separado del fondo más de un diámetro. D es el diámetro del emisario y r_a la densidad del agua del mar.

1.3 COEFICIENTES DE DISPERSIÓN

En general, al dispersarse la pluma por efecto de las corrientes marinas, las concentraciones se dividen por un factor que es muy inferior al valor de la dilución inicial y, en el caso de los coliformes, también muy inferior al que se consigue por autodepuración. Por ello, la intensidad del estudio de los coeficientes de dispersión puede ser menor, en beneficio de la de otros estudios complementarios, por ejemplo, las corrientes.

Salvo cuando se trate de un emplazamiento en el que las especiales condiciones topográficas e hidrográficas hagan prever una capacidad de dispersión excepcional o una gran variabilidad espacial de dicha capacidad, que pueda ser tenida en cuenta en los modelos de cálculo a utilizar, se emplean las siguientes expresiones para estimar los valores de los coeficientes de dispersión:

Dispersión horizontal en dirección transversal a la pluma

$$K_y \text{ (m}^2\text{/s)} = 3 \cdot 10^{-5} \cdot B^{4/3}$$

siendo B el ancho inicial de la pluma expresado en metros. Para tanteos puede tomarse $K_y = 0,1 \text{ m}^2\text{/s}$.

Dispersión vertical.

En ausencia de estratificación, puede usarse la expresión:

$$K_z \text{ (m}^2\text{/s)} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot U_a \cdot e$$

siendo U_a la velocidad del medio receptor y e el espesor inicial de la capa de mezcla. Para tanteos puede tomarse $K_z = 0,01 \text{ m}^2\text{/s}$.

En medios estratificados, el coeficiente de dispersión disminuye al aumentar el gradiente de densidad por lo que el transporte a través de la pycnoclina es muy escaso.

Dispersión horizontal en dirección longitudinal.

El transporte dispersivo en dirección longitudinal (K_x) es muy pequeño, en comparación con el transporte convectivo, por lo que la mayoría de los modelos no lo tienen en cuenta. Puede tomarse como valor para tanteos $K_x = 1 \text{ m}^2/\text{s}$.

No obstante, resulta poco costoso hacer medidas experimentales de los coeficientes de dispersión horizontal si se hacen coincidir con las medidas de corrientes. El procedimiento se basa en el empleo de flotadores con vela sumergida a una profundidad igual a la del centro de la capa de mezcla esperada. Se colocan flotadores en el centro y en los vértices de un cuadrado (o mejor aún, de un hexágono) con el centro sobre el punto de surgencia y con una de cuyas diagonales paralela a la dirección del difusor. La longitud de la diagonal debe ser aproximadamente la mitad de la del difusor.

Llamando l_{ik} a la distancia inicial entre cada pareja de flotadores y l_{fk} a la distancia final entre éstos después de transcurrir un tiempo t , los coeficientes de dispersión se pueden estimar sabiendo que:

$$K_x + K_y = (S_{k=1,N} (l_{fk} - l_{ik})^2) / 2 \cdot N_t$$

y suponiendo que $K_x = 10 K_y$. En la fórmula anterior N representa el número de parejas de flotadores consideradas y preferiblemente debe incluir los resultados de varias experiencias realizadas en condiciones similares.

También pueden emplearse trazadores químicos o radiactivos para la determinación de los coeficientes de dispersión, siendo los trazadores fluorescentes (*fluoresceína* o rodamina B) los más utilizados.

1.4 COEFICIENTES DE AUTODEPURACIÓN

El cálculo de los coeficientes de autodepuración, especialmente si se determina el T90 de los «E. coli», debe tener en cuenta el carácter marcadamente estadístico de estos parámetros, así como los factores que influyen en ellos (insolación, temperatura, salinidad, etc.).

Uno de los métodos más comúnmente utilizados para la determinación de este coeficiente consiste en marcar un volumen de agua mediante un flotador, el cual se sigue con una embarcación desde la que se realizan muestreos en instantes sucesivos, que son posteriormente analizados en el laboratorio. Para el análisis estadístico de estas determinaciones microbiológicas, se deben replicar los muestreos al menos cinco veces para cada tiempo de toma, ajustando los resultados a una distribución logarítmica normal, que podrá usarse posteriormente para calcular el valor esperado de la reducción de concentraciones utilizando métodos estadísticos clásicos.

Para coliformes fecales en aguas con salinidad superior a 30 g/l pueden servir de orientación los valores obtenidos mediante la siguiente expresión, deducida a partir de los resultados de varias investigaciones recientes:

$$T_{90} = [(a/60) (1 - 0,65 C^2) \cdot (1 - SS/800) + 0,02 \cdot 10^{(T_a - 20) / 35}]^{-1}$$

donde T_{90} está expresado en horas y las restantes variables son:

- a = Angulo del sol sobre el horizonte en grados sexagesimales. (Valor mínimo: $a=0$).
- C = Fracción del cielo cubierto por nubes.
- SS = Concentración de sólidos en suspensión en mg/l. (Valor máximo: $SS=800$).
- T_a = Temperatura del agua en °C.

El valor de T_{90} para las condiciones dadas ($SS=15.3$, $T_a=23.5$, ...) sale un valor de 111 minutos, es decir una hora y 51 minutos

1.5 BIOCENOSIS Y CONTAMINACIÓN DE FONDO

Para la caracterización del estado ambiental, se procede a un reconocimiento de las comunidades bentónicas, principalmente mediante el estudio de las comunidades infaunales (moluscos y poliquetos) y de la cobertura de algas y otras plantas marinas. Los resultados de este reconocimiento se representarán gráficamente, mediante un mapa de las poblaciones bentónicas.

Este reconocimiento biológico se completa con el muestreo y análisis de sedimentos superficiales y organismos acumuladores (por ejemplo, mejillones) en un número y distribución suficientemente representativo para el tipo y tamaño de emisario que se va a controlar. Sobre estas muestras se determinarán, prioritariamente, los microcontaminantes orgánicos e inorgánicos que figuran en los objetivos de calidad establecidos en la normativa vigente con el fin de que sirvan como referencia de la situación antes de la construcción del emisario.

Asimismo, se procede a la determinación de las concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal en las áreas de impacto identificadas.

El estudio de los resultados obtenidos y de la dinámica litoral de la zona, junto con el estudio de las comunidades presentes en el entorno del emisario permite afirmar que la situación actual se encuentra equilibrada con respecto al funcionamiento del emisario (referido al vertido a 12 m por la rotura producida) y de la biocenosis de su entorno.

El entorno según se describe en distintos anejos de este proyecto se encuentra, morfológicamente, alterado por la presencia de estructuras humanas (pesos y muertos del emisario, restos de materiales, etc.) y el daño producido por el atraque de barcos. La presencia del alga roja invasora *Lophocladia lallemandii*, en las inmediaciones del emisario no puede achacarse a éste, ya que su extensión y pervivencia es un fenómeno generalizado en todo el

Mediterráneo. Más importante es la presencia de praderas de *Posidonia oceanica* por la gran biodiversidad que su biocenosis contiene aunque el desarrollo en el entorno no es demasiado.

Las praderas de *Posidonia* oceánica se distribuyen desde una profundidad de 8 a 10 m hasta la boca del emisario situada a 21 m. En el intervalo de profundidad entre 3 y 10 m se encuentran manchas aisladas de *Posidonia* oceánica sobre sustrato de roca fotófila. En el borde del mar (hasta 3 m de profundidad) se encuentran algas fotófilas sobre sustrato duro. La longitud total de este es de 1150 m.

El estudio de la granulometría alrededor de la boca del emisor permite discernir las condiciones hidrodinámicas generales en el entorno del emisario. Esta constatación permitirá posteriormente sacar conclusiones sobre el posible origen y acumulación de contaminantes y el posible peligro de movilización de ellos debidos a las obras.

Los análisis de los diferentes parámetros analizados de las muestras del fondo, además de los obtenidos de los análisis de agua, deben tener en cuenta también el entorno en donde se encuentra el emisario con un puerto cercano a su situación y la posibilidad que parte (o toda) la contaminación proceda de otras fuentes diferentes al emisario.

El examen de todos los datos permite afirmar que los niveles de contaminación de metales alrededor del emisario son leves o moderados, en general, y que las mayores concentraciones se dan en la dirección predominante de las corrientes (oeste, noroeste). La idea que dejan los datos es que es una contaminación procedente del emisario (corrientes “arriba” del emisario las concentraciones de metales son inferiores) y teniendo en cuenta que la depuración de las aguas se realiza en el supuesto que son aguas urbanas (sin tener en cuenta los vertidos ocasionales de sustancias industriales o de restos de actividades como pinturas, baterías, etc). La contaminación del fondo se considera leve o insignificante.

El funcionamiento del emisario no muestra un peligro para la biocenosis del entorno según parece mostrar el examen del estado actual de ésta (y teniendo en cuenta la rotura por donde actualmente se realiza el vertido y la presencia de los distintos tipos de biocenosis presentes). Las obras propuestas podrían movilizar algunas de estas sustancias (metales) pero no se considera que puedan ser peligrosas siempre que se

cumplan las medidas propuestas en el estudio de impacto ambiental (también recogido en este proyecto).

1.6 CÁLCULO DE LA DILUCIÓN INICIAL

La «Instrucción para el proyecto de conducciones de vertido desde tierra al mar» (aprobada por Orden del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de 13 de julio de 1993) exige que la dilución inicial sea superior a 80, durante más del 95 % del tiempo, en el caso de columna de agua estratificada, y a 100, en el caso de columna no estratificada.

En el *Anejo 13. Cálculo de la dilución* del presente proyecto se elabora el cálculo de la misma, que se resume a continuación:

1.6.1 CÁLCULO EN EL CASO DE COLUMNA HOMOGÉNEA (NO ESTRATIFICADA)

1.6.1.1 Caudal de 400 m³/h

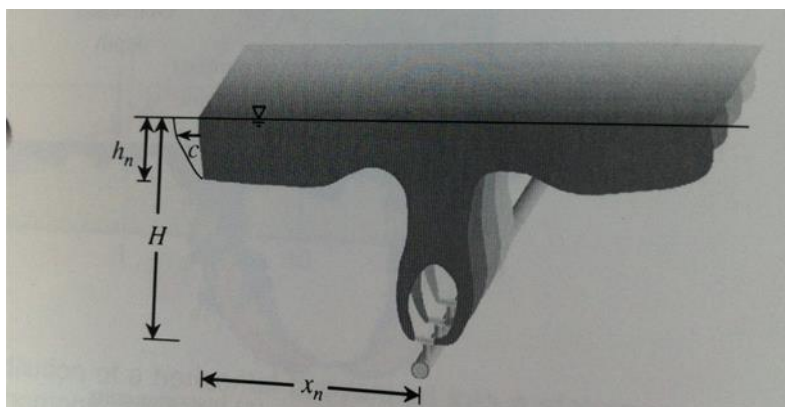


Imagen 1. Penacho en condiciones estacionarias sin estratificación

DATOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	0,1111
Longitud difusor	L	m	100
Número bocas	n	-	8
Profundidad bocas	H	m	19,20
Gravedad	g	m/s ²	9,8
Densidad efluente	ρ_0	kg/m ³	1001,6
Densidad mar	ρ_a	kg/m ³	1026

RESULTADOS INTERMEDIOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal lineal	q	m ² /s	0,001111
Caudal por boca	Q _b	m ³ /s	0,013889
Separación bocas	s	m	14,29
Gravedad reducida	g'	m/s ²	0,233
Flotabilidad de descarga puntual	B	m ⁴ /s ³	0,003237
Flotabilidad de descarga lineal	b	m ³ /s ³	0,000259
Grado de linealidad de la descarga			0,366
Tipo de descarga			Intermedia

CARACTERÍSTICAS PENACHO (DESCARGA INTERMEDIA)			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Dilución en el borde del campo cercano	S	-	439,2
Semiancho del campo cercano	x_n	m	41,64
Altura máxima penacho sobre bocas	$y_{m\acute{a}x}$	m	19,20
Espesor de la capa de mezcla	e	m	3,87

La dilución en el borde del campo cercano es $439,2 > 100$.

Obsérvese que la zona inicial de mezcla se extiende a unos 41,64 m a cada lado de la tubería difusora. El espesor de esta capa es de 3,87 m. Todo esto en condiciones de máximo caudal de efluente y ausencia de corriente.

Cuando hay corriente, el penacho se deforma en la dirección de la corriente, obteniéndose valores superiores de dilución inicial.

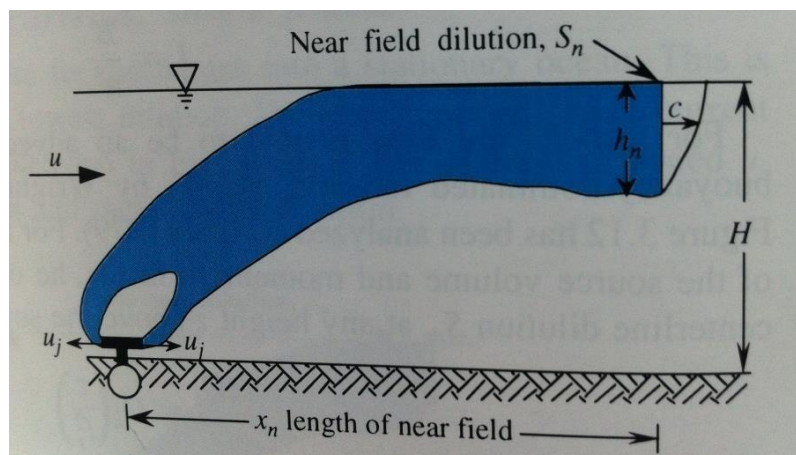


Imagen 2. Penacho en el campo cercano con corriente, sin estratificación

1.6.1.2 Caudal de 250 m³/h

DATOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	0,0694
Longitud difusor	L	m	100
Número bocas	n	-	8
Profundidad bocas	H	m	19,20
Gravedad	g	m/s ²	9,8
Densidad efluente	ρ_0	kg/m ³	1002,3
Densidad mar	ρ_a	kg/m ³	1026

RESULTADOS INTERMEDIOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal lineal	q	m ² /s	0,000694
Caudal por boca	Q _b	m ³ /s	0,008681
Separación bocas	s	m	14,29
Gravedad reducida	g'	m/s ²	0,226
Flotabilidad de descarga puntual	B	m ⁴ /s ³	0,001965
Flotabilidad de descarga lineal	b	m ³ /s ³	0,000157
Grado de linealidad de la descarga			0,366
Tipo de descarga			Intermedia

CARACTERÍSTICAS PENACHO (DESCARGA INTERMEDIA)			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Dilución en el borde del campo cercano	S	-	595,0
Semiancho del campo cercano	x _n	m	41,64
Altura máxima penacho sobre bocas	y _{máx}	m	19,20
Espesor de la capa de mezcla	e	m	3,87

La dilución en el borde del campo cercano es $595,0 > 100$.

Obsérvese que la zona inicial de mezcla se extiende igualmente a unos 41,64 m a cada lado de la tubería difusora. El espesor de esta capa sigue siendo de 3,87 m. Todo esto en condiciones de máximo caudal de efluente y ausencia de corriente.

1.6.2 Cálculo en el caso de columna estratificada

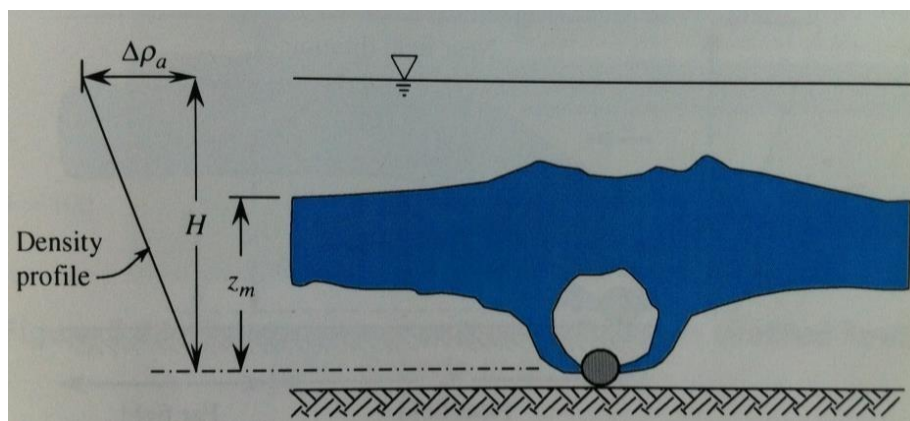


Imagen 3. Penacho inicial en condiciones estacionarias con estratificación

En el apartado 3.3 se mostró el perfil de densidades adoptado para el cálculo, que supone un gradiente de 0,032 kg/m³/m entre 1,10 y 19,2 m de profundidad.

1.6.2.1 Caudal de 400 m³/h

DATOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	0,1111
Longitud difusor	L	m	100
Número bocas	n	-	8
Profundidad bocas (relativa)	H	8	18,1
Gravedad	g	m/s ²	9,8
Densidad efluente	ρ_0	kg/m ³	1001,6
Densidad mar	ρ_a	kg/m ³	1026
Gradiente medio densidad mar	$d\rho/dy$	kg/m ⁴	0,032318232

RESULTADOS INTERMEDIOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal lineal	q	m ² /s	0,001111
Caudal por boca	Q_b	m ³ /s	0,013889
Separación bocas	s	m	14,29
Gravedad reducida	g'	m/s ²	0,233
Flotabilidad de descarga puntual	B	m ⁴ /s ³	0,003237
Flotabilidad de descarga lineal	b	m ³ /s ³	0,000259
Frecuencia de flotabilidad	N	s ⁻¹	0,017570
Prof. reducida (descarga puntual)	l_B	m	4,94
Prof. reducida (descarga lineal)	l_b	m	3,63
Grado de linealidad de la descarga			0,044
Tipo de descarga			Intermedia

CARACTERÍSTICAS PENACHO (DESCARGA INTERMEDIA)			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Dilución en el borde del campo cercano	S	-	139,3
Semiancho del campo cercano	x_n	m	19,74
Altura máxima penacho sobre bocas	$y_{m\acute{a}x}$	m	16,94
Espesor de la capa de mezcla	e	m	7,80

La dilución en el borde del campo cercano es $139,3 > 80$.

Obsérvese que la zona inicial de mezcla se extiende a unos 19,74 m a cada lado de la tubería difusora. El espesor de esta capa es de unos 7,80 m. Todo esto en condiciones de máximo caudal de efluente y ausencia de corriente.

Cuando hay corriente, el penacho se deforma en la dirección de la corriente, obteniéndose valores superiores de dilución inicial.

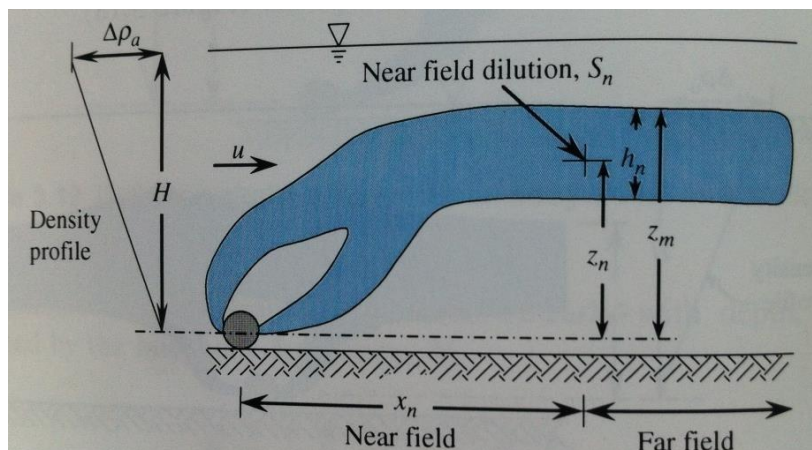


Imagen 4. Penacho en el campo cercano con corriente, con estratificación

1.6.2.2 Caudal de 250 m³/h

DATOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m ³ /s	0,0694
Longitud difusor	L	m	100
Número bocas	n	-	8
Profundidad bocas (relativa)	H	8	18,1
Gravedad	g	m/s ²	9,8
Densidad efluente	ρ_0	kg/m ³	1002,3
Densidad mar	ρ_a	kg/m ³	1026
Gradiente medio densidad mar	$d\rho/dy$	kg/m ⁴	0,032318232

RESULTADOS INTERMEDIOS			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal lineal	q	m ² /s	0,000694
Caudal por boca	Q_b	m ³ /s	0,008681
Separación bocas	s	m	14,29
Gravedad reducida	g'	m/s ²	0,226
Flotabilidad de descarga puntual	B	m ⁴ /s ³	0,001965
Flotabilidad de descarga lineal	b	m ³ /s ³	0,000157
Frecuencia de flotabilidad	N	s ⁻¹	0,017570
Prof. reducida (descarga puntual)	l_B	m	4,36
Prof. reducida (descarga lineal)	l_b	m	3,07
Grado de linealidad de la descarga			0,000
Tipo de descarga			Puntual

CARACTERÍSTICAS PENACHO (DESCARGA INTERMEDIA)			
Variable	Símbolo	Unidad	Valor
Dilución en el borde del campo cercano	S	-	151,3
Semiancho del campo cercano	x_n	m	17,89
Altura máxima penacho sobre bocas	$y_{m\acute{a}x}$	m	15,27
Espesor de la capa de mezcla	e	m	6,98

La dilución en el borde del campo cercano es $151,3 > 80$.

Obsérvese que la zona inicial de mezcla se extiende a unos 17,89 m a cada lado de la tubería difusora. El espesor de esta capa es de unos 6,98 m. Todo esto en condiciones de máximo caudal de efluente y ausencia de corriente.

1.7 BATIMETRÍA, GEOFÍSICA Y GEOTECNIA

Se ha realizado un reconocimiento y descripción de los fondos a lo largo de perfil longitudinal, analizando los materiales que lo forman y sus propiedades mecánicas hasta la profundidad necesaria para el estudio de una cimentación adecuada. Además, se identifican los elementos singulares, como barras, bajos o depresiones, que puedan influir en el funcionamiento y mantenimiento de la obra, para lo cual se ha recurrido a equipos de sonar de barrido lateral.

1.8 CLIMA MARÍTIMO

Se analiza el clima marítimo de la zona, con objeto de determinar las solicitudes mecánicas a que se verán sometidos los distintos tramos del emisario por efecto del oleaje y la influencia que éste puede tener sobre el comportamiento mecánico de los materiales del fondo, balasto, relleno o lastrado.

Para ello se utilizan las Recomendaciones Generales del programa ROM. A continuación unas expresiones para calcular las acciones debidas al oleaje sobre emisarios no enterrados:

- Fuerza de arrastre: $F_a = C_a \cdot \rho \cdot U_a^2 \cdot D/2$.
- Fuerza de inercia: $F_i = C_i \cdot \rho \cdot a \cdot D^2/4$.
- Fuerza de elevación: $F_e = C_e \cdot \rho \cdot U_a^2 \cdot D/2$.

donde « U_a » y « a » representan los componentes normales al emisario de la velocidad y aceleración máxima, calculadas de acuerdo con la teoría lineal de ondas para la altura de ola significativa correspondiente al temporal de cálculo, entendiéndose por tal el de período de retorno de cien años para la fase de servicio y el de período de retorno de un año para la fase de construcción.



Como valores de los coeficientes se toman $C_a = 1,0$, $C_i = 3,3$ y $C_e = 1,25$.

Se tiene en cuenta que las fuerzas de inercia y de arrastre están desfasadas 90° y que normalmente la situación más desfavorable para la estabilidad corresponde a velocidad máxima y aceleración nula.

1.9 DINÁMICA LITORAL

Se realiza un estudio básico de la dinámica litoral de la zona, con el fin de evaluar tanto el efecto que ésta tiene sobre el funcionamiento y mantenimiento del emisario como, a la inversa, el que la presencia del emisario pudiera tener sobre aquélla.

Se presta especial atención a las variaciones del perfil de playa y a la posible inestabilidad de la línea de costa.

2. DATOS DE CAMPO

Se ha realizado un estudio oceanográfico puntual en la zona de proyecto, para tener un mayor conocimiento del entorno. Los parámetros oceanográficos que se han tomado son los siguientes:

- Aguas
- Nitratos y Fosfatos
- Materia Orgánica
- Sólidos en suspensión
- Granulometría
- Biplanos
- Corrientes
- Grasas
- Sonar de barrido lateral

2.1 AGUAS

Estudio realizado el 12 de Octubre de 2004:

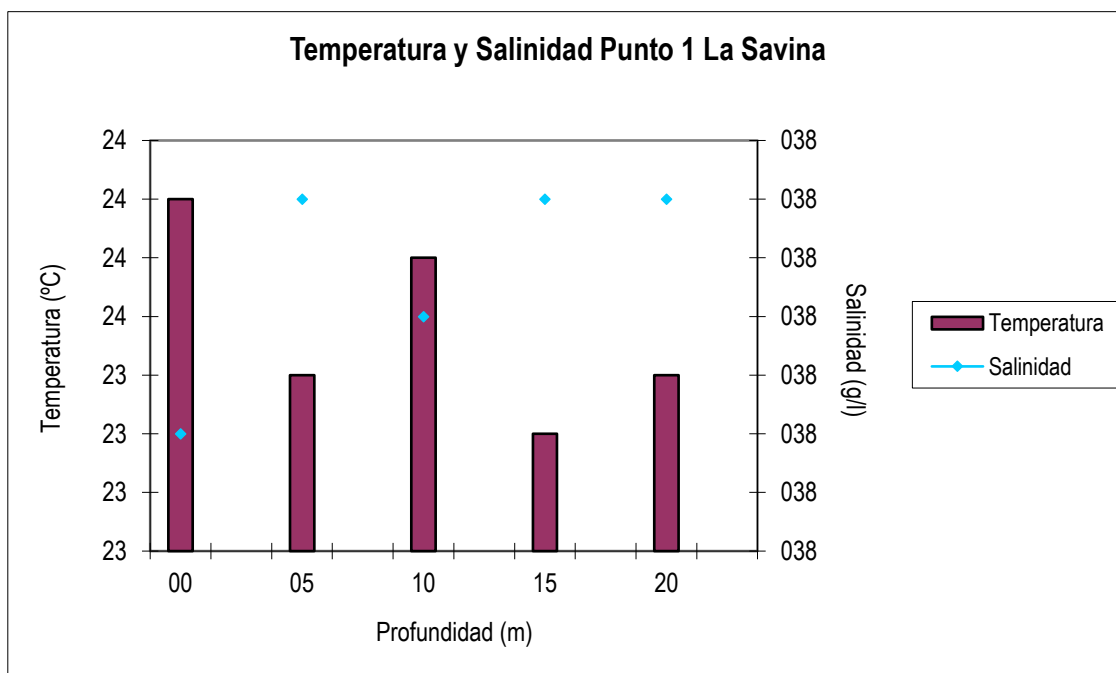
Muestra	Hora	Posición UTM	Z punto (m)	Secchi (m)	Z muestra (m)	Tª (°C)	pH	Salinidad (g/l)	Conduc. mS/cm	Oxígeno (mg/l)	Saturación (% O ₂)
1ª	15:35	361571E 4289155N	20 m	18 m	Superficie	23,7	8,19	37,80	51,60	7,70	92,2
Boca					5 m	23,4	8,20	38,00	51,70	7,89	96,1

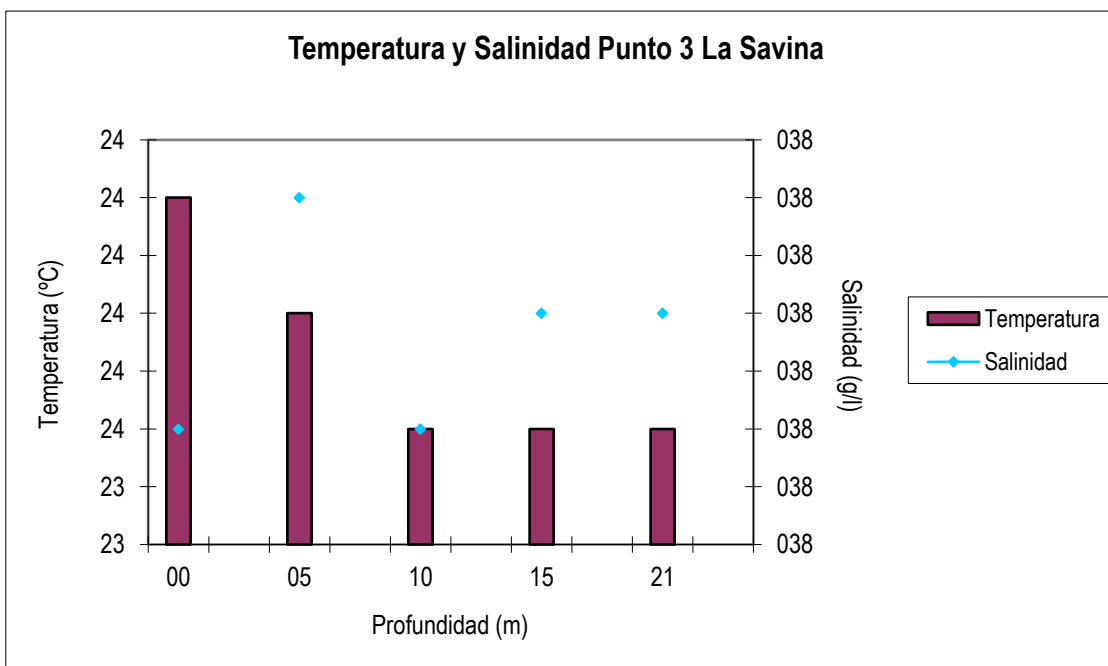
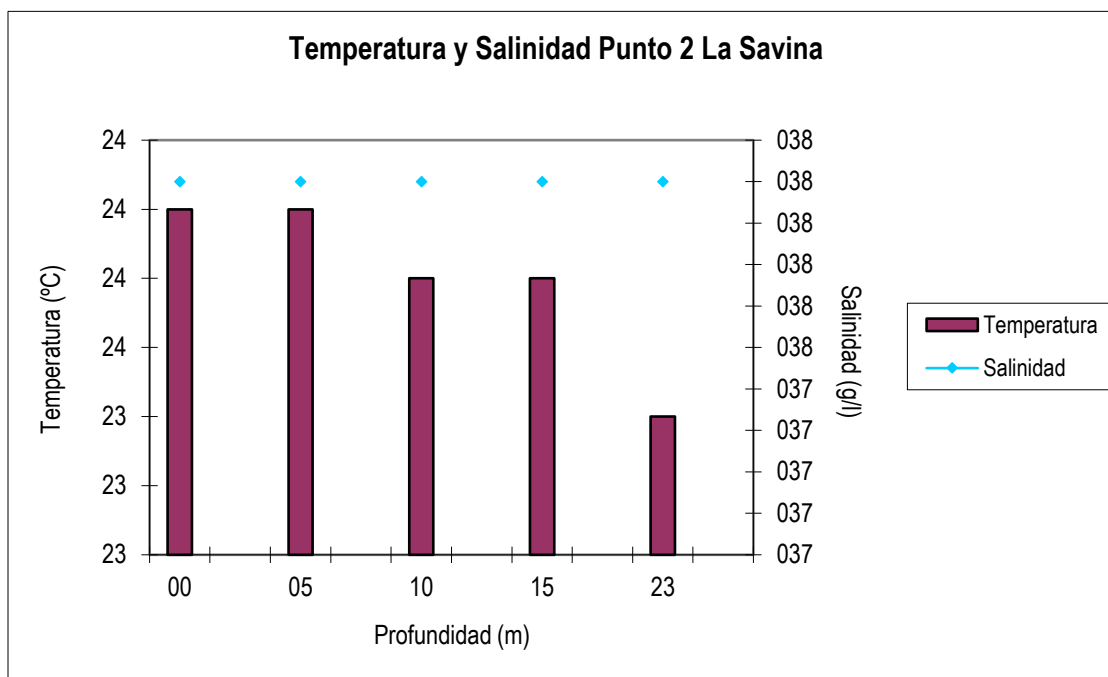


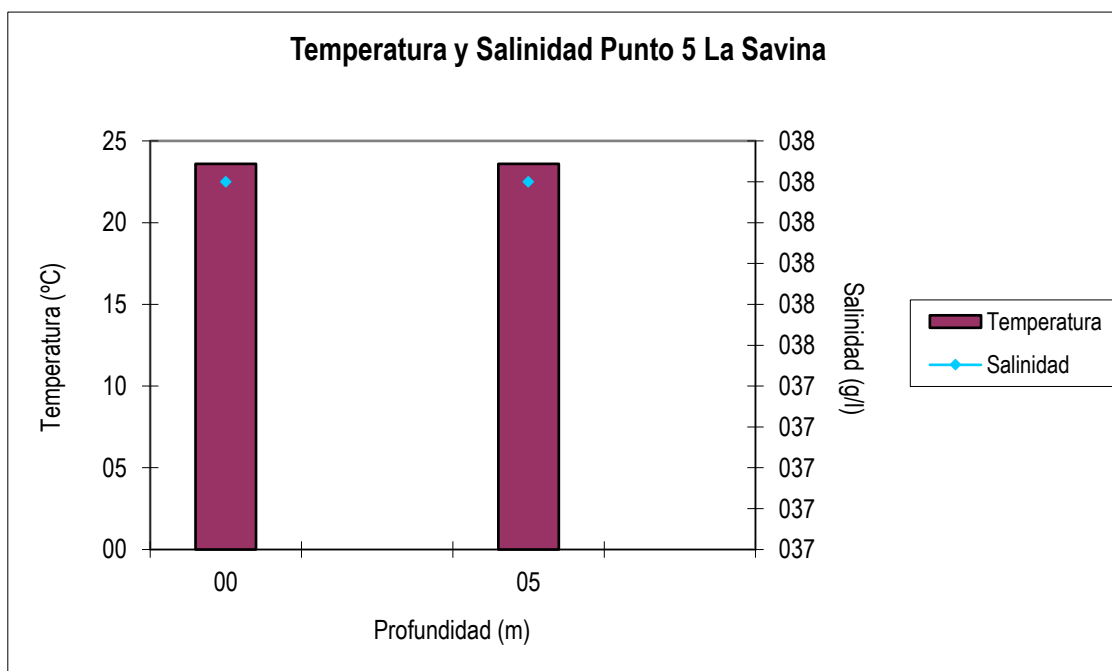
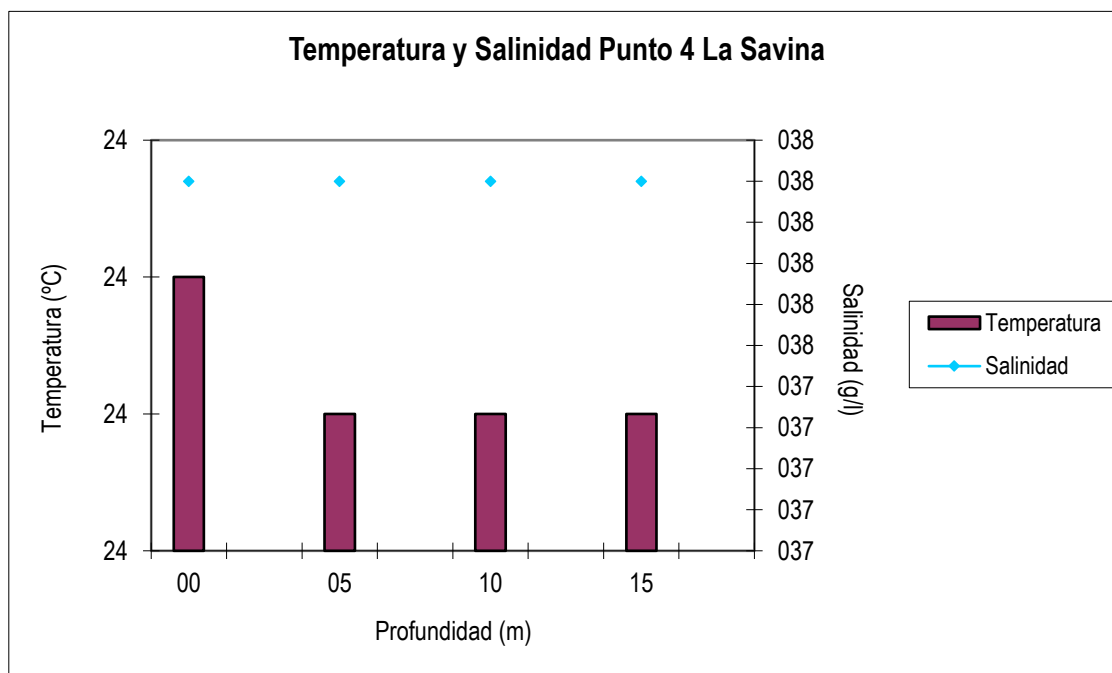
Muestra	Hora	Posición UTM	Z punto (m)	Secchi (m)	Z muestra (m)	Tª (°C)	pH	Salinidad (g/l)	Conduc. mS/cm	Oxígeno (mg/l)	Saturación (% O ₂)
					10 m	23,6	8,20	37,90	51,60	8,01	88,6
					15 m	23,3	8,20	38,00	51,70	7,04	85,8
					20 m	23,4	8,20	38,00	51,70	7,94	91,4
2º	16:00	361472E 4289297N	23 m	17 m	Superficie	23,7	8,08	37,90	51,60	7,05	81,0
					5 m	23,7	8,19	37,90	51,70	7,64	82,9
					10 m	23,6	8,18	37,90	51,60	7,35	88,9
					15 m	23,6	8,16	37,90	51,80	6,70	76,7
					23 m	23,4	8,23	37,90	51,80	7,50	83,4
3º	16:30	361415E	21 m	18,5 m	Superficie	23,7	8,18	37,90	51,60	6,63	80,3
					5 m	23,6	8,19	38,10	51,80	6,89	79,3
					10 m	23,5	8,18	37,90	51,80	6,96	74,6
					15 m	23,5	8,19	38,00	51,70	6,08	70,0
					21 m	23,5	8,15	38,00	51,60	7,00	77,0
4º	16:50	361706E	15 m	Fondo	Superficie	23,7	8,18	37,90	51,60	7,14	78,0
					5 m	23,6	8,18	37,90	51,70	7,14	95,6
					10 m	23,6	8,17	37,90	51,70	7,20	80,9
					15 m	23,6	8,18	37,90	51,70	6,46	80,0
5º	17:10	362003E	5 m	Fondo	Superficie	23,6	8,15	37,90	51,60	8,58	91,6
		4288526N									
Costa					5 m	23,6	8,19	37,90	51,80	6,77	78,0
Rotura	9:30	361738E	12,2 m	Fondo	Superficie	23,5	8,20	37,90	55,40	6,28	90,9

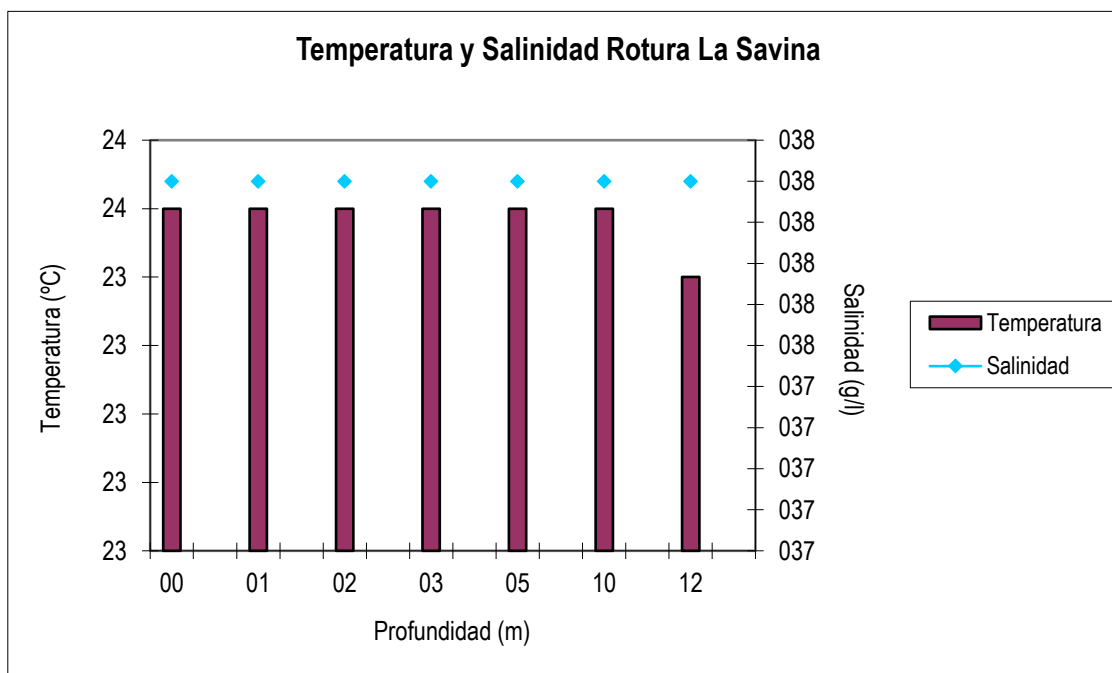


Muestra	Hora	Posición UTM	Z punto (m)	Secchi (m)	Z muestra (m)	Tª (°C)	pH	Salinidad (g/l)	Conduc. mS/cm	Oxígeno (mg/l)	Saturación (% O ₂)
		4288904N									
					1 m	23,5	8,19	37,90	55,40	5,78	83,0
					2 m	23,5	8,19	37,90	53,40	5,76	82,7
					3 m	23,5	8,19	37,90	55,40	5,35	77,3
					5 m	23,5	8,18	37,90	55,40	4,29	64,8
					10 m	23,5	8,18	37,90	55,40	4,90	70,1
					12,2 m	23,4	8,16	37,90	51,70	5,33	73,8









Los valores observados son los habituales para agua de mar. La transparencia del agua (Secchi) no es mala, alcanzando en todos los puntos la profundidad de 17 metros como mínimo. La profundidad de vertido es de 20 metros y ésta no es suficiente para que se de una gran estratificación, si bien es posible únicamente durante los meses de Julio y Agosto, cuando la temperatura del agua incrementa y la mar está más calmada. No se observa termoclina ni disminución de la temperatura en ninguna de las zonas muestreadas. La salinidad se mantiene estable entre valores de 37,8 g/l y 38,1 g/l. Los niveles de saturación del oxígeno se mantienen entre 96,1% y 70%.

2.2 NITRATOS Y FOSFATOS

Muestra	N-Nitrato	NO ₃	NO ₃ corr	N-Nitrito	Fosfato (mg/l)	
80654	0,034	0,150	0,299	0,006	0,01	Agua Formentera boca superficie
80655	0,056	0,246	0,493	0,004	0,01	Agua Formentera boca fondo
80656	0,076	0,334	0,669	0,004	0,01	Agua Formentera punto 2 superficie
80657	0,036	0,158	0,317	0,004	0	Agua Formentera punto 2 fondo
80658	0,036	0,158	0,317	0,004	0	Agua Formentera punto 3 superficie
80659	0,056	0,246	0,493	0,004	0,01	Agua Formentera punto 3 fondo
80660	0,036	0,158	0,317	0,004	0	Agua Formentera punto 4 superficie

Muestra	N-Nitrato	NO3	NO3 corr	N-Nitrito	Fosfato (mg/l)	
80661	0,036	0,158	0,317	0,004	0	Agua Formentera punto 4 fondo
80662	0,036	0,158	0,317	0,004	0	Agua Formentera punto 5 superficie (costa)
80663	0,056	0,246	0,493	0,004	0	Agua Formentera punto 5 fondo (costa)
80664	0,056	0,246	0,493	0,004	0,01	Agua Formentera rotura superficie
80665	0,056	0,246	0,493	0,004	0,01	Agua Formentera rotura fondo

Los niveles de fosfatos son inapreciables, observándose valores iguales a 0,01 mg/l e incluso valores de 0 mg/l. Los niveles de nitrógeno de nitritos se sitúan por debajo de 0,006 mg/l. En cambio, los resultados de los nitratos son más elevados, situándose entre 0,669 mg/l (punto 2 superficie) y 0,299 mg/l (boca superficie).

2.3 MATERIA ORGÁNICA

nº muestra	tara	peso fresco+tara	peso seco+tara	cenizas + tara	% materia seca	% materia orgánica (sph)	% materia orgánica (sps)
80574	21	130,66	88,81	87,06	61,84	2,58	39,76
80575	21,64	102	61,94	58,86	50,15	7,64	53,68
80576	20,42	118,58	88,6	82,66	69,46	8,71	36,59
80577	20,85	129,48	87,74	86,76	61,58	1,47	39,33
80578	20,38	120,5	89,67	82,38	69,21	10,52	38,07

El porcentaje medio de materia orgánica sobre peso seco es de 41,48%, variando entre 36,59% y 53,68%.

2.4 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

nº filtro	muestra	peso filtro	peso seco	vol. filtrado	s.totales (mg/l)	peso cenizas	s.Vol. (mg/l)	C.O.
21	Boca S	0,1082	0,1313	2	11,55	0,1266	2,35	1,18
22	Boca F	0,1079	0,1309	2	11,50	0,1266	2,15	1,08
23	Punto 2S	0,1088	0,1261	2	8,65	0,1212	2,45	1,23
24	Punto 2F	0,1088	0,1273	2	9,25	0,1224	2,45	1,23
25	Punto 3S	0,1097	0,1306	2	10,45	0,1241	3,25	1,63
26	Punto 3F	0,1096	0,1363	2	13,35	0,1302	3,05	1,53
27	Punto 4S	0,1089	0,1278	2	9,45	0,1213	3,25	1,63
28	Punto 4F	0,1117	0,1304	2	9,35	0,1212	4,60	2,30
29	Punto 5S	0,1089	0,1319	2	11,50	0,1248	3,55	1,78
30	Punto 5F	0,109	0,1396	2	15,30	0,1308	4,40	2,20
31	Rotura F	0,1087	0,1297	2	10,50	0,1232	3,25	1,63
32	Rotura S	0,1081	0,1299	2	10,90	0,123	3,45	1,73

El valor máximo de sólidos en suspensión se da en el punto 5 en el fondo (15,3 mg/l) y el mínimo se obtiene en el punto 2 en superficie (8,65 mg/l). En el punto 5 fondo también aparece el máximo para carbono orgánico.

2.5 GRANULOMETRÍA

muestra	peso h.	peso s.	peso h>2	peso h>1	peso h>0,5	peso h>0,25	peso h>0,125	peso h>0,063
80574	232,28	147,98	17,95	8,21	28,96	56,37	29,08	3,72
80575	201,66	112,47	18,35	21,53	29,48	23,84	12,23	2,59
80576	203,97	141,68	46,72	13,08	17,79	27,56	21,82	5,23
80577	247,33	152,31	7,67	30,8	61,25	35,05	12,89	2,3
80578	214,19	148,24	7,95	23,18	41,81	36,81	15,77	2,5

muestra	%>2 mm	%>1mm	%>0.5 mm	%>0.25 mm	%>0.125 mm	%>0.063 mm	%<0.0063 mm
80574	12,13	5,55	19,57	38,09	19,65	2,51	2,49
80575	16,32	19,14	26,21	21,20	10,87	2,30	3,95
80576	32,98	9,23	12,56	19,45	15,40	3,69	6,69
80577	5,04	20,22	40,22	23,01	8,46	1,51	1,54
80578	5,36	15,64	28,20	24,83	10,64	1,69	13,64

La fracción dominante es la compuesta, principalmente, por arenas medias, si bien en las tres primeras muestras (boca, 50 metros a la izquierda y 50 metros a la derecha) también son mayoritarias las gravas, mientras que en la muestra 80578 (50 metros Sur) la fracción de limos y arcillas supone un porcentaje importante.

2.6 BIPLANOS

Fecha: 13/10/04 Hora solar: 12:10 Viento: N-NO

En el punto 1 el comportamiento del biplano I, bajo la influencia de las condiciones mencionadas, es: entre la posición 2 y la posición 4 se mantiene con un rumbo entorno a 230° (SO) y en la posición 5 apenas se ha movido (3 metros) con un rumbo de 0° (N). Entre la posición inicial y final el rumbo es de 228° (SO) y la distancia recorrida en línea recta es 181 m. El comportamiento del biplano III apenas varía en todas las posiciones. Entre la posición 1 y 5 el rumbo es de 220° (SO) y la distancia recorrida en línea recta es 204 m. El comportamiento del biplano IV es: su rumbo se mantiene entre los 224° (SO) y 281° (ONO). Entre la posición 1 y 5 el rumbo es de 242° (SO) y la distancia recorrida en línea recta es 175 m.

En el punto 2 el comportamiento del biplano I, bajo la influencia de las condiciones mencionadas, es: el rumbo en todas las posiciones siempre tiene componente SO. Entre la posición inicial y final el rumbo es de 231° (SO) y la distancia recorrida en línea recta es 149 m. El comportamiento del biplano III es: en la posición 2 se encuentra a 212° (SO), y en las posiciones siguientes se mantiene en 246° y 252° (SSO). Entre la posición 1 y 5 el rumbo es de 239° (SO) y la distancia recorrida en línea recta es 189 m. El comportamiento del biplano IV es muy similar a



los anteriores: en la posición 2 se encuentra a 212° (SO), en la posición 3 está a 230° (SO) del anterior y en las posiciones 4 y 5 el rumbo es de 220° y 225° (SO) respectivamente. Entre la posición 1 y 5 el rumbo es de 217° (SO) y la distancia recorrida en línea recta es 170 m.

Emisario hacia mar

PUNTO 1	Hora 1	Posición 1	Hora 2	Posición 2	Hora 3	Posición 3	Hora 4	Posición 4	Hora 5	Posición 5
Bipl. I (8m)	10:21	361556E 4289221N	10:32	361521E 4289185N	10:43	361490E 4289161N	11:00	361419E 4289099N	11:10	361419E 4289102N
Bipl. III (4m)	10:24	361502E 4289251N	10:34	361468E 4289210N	10:44	361447E 4289177N	11:01	361372E 4289108N	11:13	361362E 4289102N
Bipl. IV (4m)	10:26	361446E 4289290N	10:36	361408E 4289253N	10:45	361383E 4289236N	11:03	361315E 4289207N	11:16	361289E 4289212N

Emisario hacia tierra

PUNTO 2	Hora 1	Posición 1	Hora 2	Posición 2	Hora 3	Posición 3	Hora 4	Posición 4	Hora 5	Posición 5
Bipl. I (8m)	11:24	361724E 4289199N	11:32	361706E 4289158N	11:54	361682E 4289154N	12:04	361659E 4289138N	12:24	361606E 4289108N
Bipl. III (4m)	11:26	361815E 4289138N	11:43	361786E 4289094N	11:55	361748E 4289078N	12:05	361713E 4289064N	12:27	361651E 4289045N
Bipl. IV (4m)	11:21	361618E 4289227N	11:40	361572E 4289155N	11:51	361548E 4289136N	12:00	361512E 4289094N	12:19	361432E 4289017N

2.7 CORRIENTES

Punto 1

Fecha: 12/10/04

Hora solar: 16:30

Viento: SO fuerza 2-3

Situación: 100 metros izquierda

Situación GPS: 361455E 4289048N

Profun. m	Dirección corriente	Velocidad corriente
0,5	346	0,064
1,0	35	0,067
2,0	45	0,073
4,0	52	0,084



Profun. m	Dirección corriente	Velocidad corriente
6,0	68	0,135
8,0	30	0,106
10,0	32	0,105
12,0	47	0,138
14,0	355	0,134
16,0	349	0,087
18,0	359	0,091
19,0	305	0,095

En superficie la dirección es NO y a continuación vira a NE entre 1 y 12 metros. A 14 y 6 metros ésta es NNO, a 18 metros es N y en el fondo, al igual que en superficie, NO.

Punto 2

Fecha: 12/10/04

Hora solar: 16:45

Viento: SO fuerza 2-3

Situación: 100 metros derecha

Situación GPS: 361742E 4289259N

Profun. m	Dirección corriente	Velocidad corriente
0.5	91	0,166
1,0	63	0,125
2,0	29	0,071
4,0	20	0,073
6,0	51	0,105
8,0	45	0,067
10,0	42	0,079
12,0	15	0,127
12,5	2	0,208

En superficie la dirección es E y cambia a NE entre 1 y 10 metros. A 12 metros es NNE, virando ligeramente en el fondo a N.

Punto 3

Fecha: 12/10/04

Hora solar: 17:00

Viento: SO fuerza 2-3

Situación: 50 metros rotura eje emisario

Situación GPS: 361669E 4289004N

Profun. m	Dirección corriente	Velocidad corriente
--------------	---------------------	---------------------



0,5	82	0,122
1,0	49	0,145
2,0	66	0,090
4,0	80	0,177
6,0	57	0,075
8,0	64	0,112
10,0	34	0,080
12,0	12	0,133

En superficie, al igual que a 4 metros, la dirección es ENE. A 1 y 2 metros y posteriormente entre 6 y 10 metros, ésta es NE. En el punto más cercano al fondo se obtiene una dirección N.

Punto 4

Fecha: 12/10/04

Hora solar: 16:50

Viento: SO fuerza 2-3

Situación: 100 metros derecha

Situación GPS: 361563E 4289315N

Profun. m	Dirección corriente	Velocidad corriente
0,5	81	0,064
1,0	78	0,095
2,0	316	0,096
4,0	141	0,088
6,0	38	0,095
8,0	336	0,081
10,0	328	0,063
12,0	30	0,170
14,0	357	0,104
16,0	345	0,091
18,0	351	0,096
20,0	353	0,073
22,0	6	0,140
23,2	327	0,120

Durante el primer metro de profundidad la dirección es NE, aunque vira a NO a 2 metros, vuelve a cambiar a SE a 4 metros y otra vez vira a NE a 6 metros. A 8 y 10 metros la dirección es NO, cambiando a NE a 12 metros. Entre 14 y 20 metros se mantiene la componente NNO. A 22 metros la dirección es N, virando ligeramente a NO en el punto más cercano al fondo.

Punto 5



Fecha: 12/10/04

Hora solar: 17:15

Viento: SO fuerza 2-3

Situación: 100 metros izquierda

Situación GPS: 361409E 4289219N

Profun. m	Dirección corriente	Velocidad corriente
0,5	11	0,060
1,0	51	0,073
2,0	36	0,082
4,0	27	0,076
6,0	47	0,102
8,0	46	0,191
10,0	99	0,131
12,0	39	0,083
14,0	32	0,071
16,0	38	0,094
18,0	21	0,261
20,0	18	0,227
22,0	8	0,147
22,2	301	0,205

En superficie la dirección es NNE y vira ligeramente a NE hasta los 10 metros, donde cambia a ESE. Entre 12 y 22 metros la dirección se mantiene en NNE – NE y en el fondo ésta vira a NO.

2.8 GRASAS

	MUESTRA	TARA BALÓN	BALÓN +GRASAS	mg / 200ml	mg / litro	Nº Muestra
Formentera	BS	108,4531	108,4562	15,5000	77,5	80654
	BF	109,2333	109,2364	15,5000	77,5	80655
	2S	107,9528	107,9577	24,5000	122,5	80656
	2F	103,2329	103,236	15,5000	77,5	80657
	3S	110,7496	110,7599	51,5000	257,5	80658
	3F	111,4179	111,425	35,5000	177,5	80659
	4S	108,9113	108,9198	42,5000	212,5	80660
	4F	109,2271	109,2368	48,5000	242,5	80661
	5S	106,0852	106,1025	86,5000	432,5	80662
	5F	113,0515	113,0545	15,0000	75	80663
	RS	110,1828	110,1833	3,3350	16,675	80664
	RF	103,226	103,2356	48,0000	240	80665

2.9 SONAR DE BARRIDO LATERAL

Durante la inspección se realizaron una serie de transectos con un sónar de alta resolución con el fin de realizar una serie de planos en planta y el perfil de las características de los fondos marinos recopilando información de la zona adyacente al emisario.

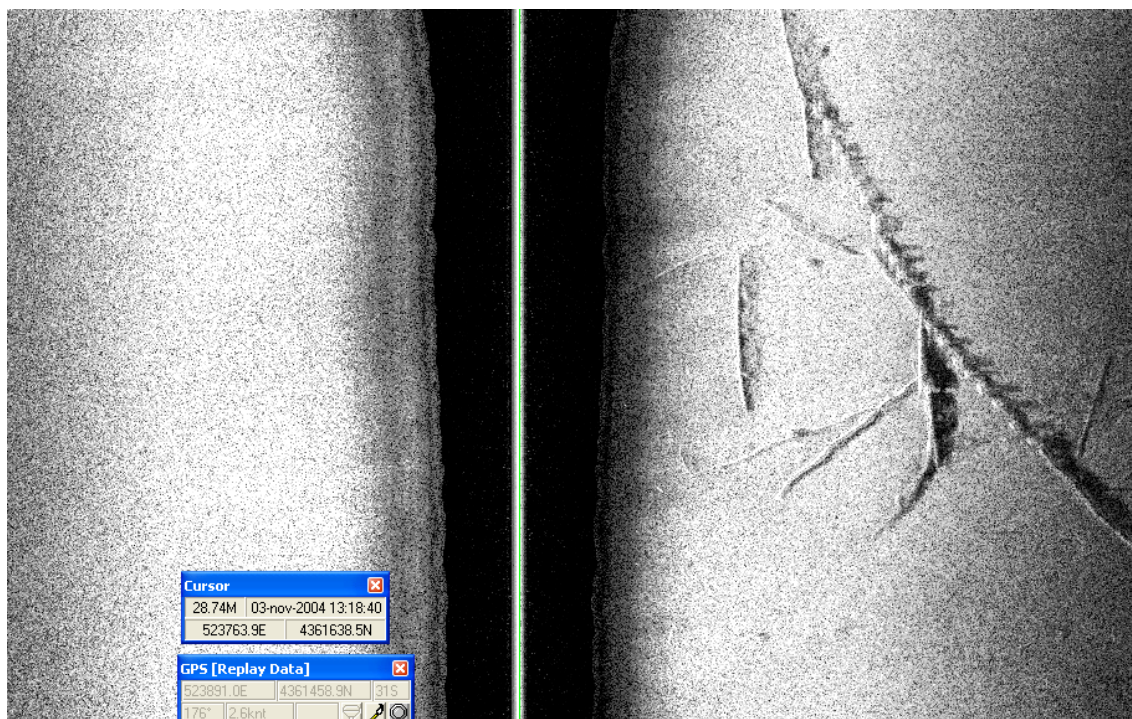


Imagen del sónar realizada de tierra hacia mar con visión de 50 m por cada banda, en la que se observa la zona del nuevo difusor con anclajes de hormigón, los restos de tubería antigua y la continuidad de la antigua tubería hacia mar adentro hasta la cota -40 m.



Imagen de sónar con visión de 80 m por cada banda, tomada de mar hacia tierra, donde se observan los últimos trescientos metros del emisario entre las cotas -38 m y -35 m.

2.10 CONCLUSIONES Y DESVIACIONES DE LOS RESULTADOS

La dinámica de la zona cercana a la costa está determinada por la interacción de un gran número de fenómenos físicos, por lo cual su estudio presenta algunas incertidumbres y desviaciones. Las razones de estas variaciones son las siguientes:

- Los métodos predictivos incluyen parte de los procesos y otros los estiman.
- Algunos mecanismos y sus formulaciones se simplifican con lo que se aumenta la rapidez de cálculo, pero también la variabilidad.
- Uso de formulaciones dentro de unos rangos a partir de resultados empíricos.
- Extrapolación de datos más globales a la zona de estudio.

De esta manera, los parámetros costeros obtenidos en la campaña de campo llevada a cabo en octubre y noviembre de 2004 se consideran valores normales para la zona. Se ha estudiado la bibliografía existente para estimar las incertidumbres de los parámetros obtenidos y se considera válida la tabla definida por Soulsby:

<i>Parámetro</i>	<i>Unidades</i>	<i>% Error</i>
Densidad del agua	[kg/m ³]	±0.2
Viscosidad cinemática	[m ² /s]	±10
Densidad del sedimento	[kg/m ³]	±2
Tamaño del sedimento	[m]	±20
Profundidad (batimetría)	[m]	±5
Velocidad de la corriente	[m/s]	±10
Dirección de la corriente	grados	±10
Altura del oleaje	[m]	±10
Periodo del oleaje	[s]	±10
Dirección de aproximación del oleaje	grados	±15

· Incertidumbres asociadas a algunos de los parámetros físicos involucrados en la dinámica costera (Soulsby, 1993).

El margen de error obtenido por Soulsby introduce entre otros aspectos la combinación de errores en la instrumentación de medida y la representatividad de un solo valor en unas condiciones dadas en cuanto a la toma de datos (día y hora), así como la representatividad de un solo valor sobre una zona muy grande o sobre periodos de tiempo largos.

Por ejemplo, las incertidumbres relacionadas con la densidad provienen de las variaciones espaciales y estacionales de la temperatura y salinidad del agua. Las del sedimento a partir de las variaciones espaciales y temporales de la composición y distribución de los granos de arena en la playa. Las debidas a profundidades se deben a las variaciones en el nivel medio del mar, ya sea por la marea astronómica o meteorológica, o bien por la propia incertidumbre del aparato de medida. En lo que se refiere al oleaje, proviene de las propias medidas, de las técnicas de análisis y de las variaciones interanuales del clima marítimo.

En la utilización de los parámetros obtenidos en la campaña de campo para los diferentes estudios que componen el Proyecto se han considerado estos valores como representativos en el rango de variabilidad de cada uno.

3. DESCRIPCIÓN BIONÓMICA DE LOS FONDOS POR LOS QUE DISCURRE EL EMISARIO

El emisario submarino de La Savina se encuentra situado en una zona próxima a la Punta d'Ensenat, en los alrededores del puerto de La Savina. Parte de la costa con un rumbo aproximado de 327º y tras unos 990m de recorrido vierte a una profundidad de 21 metros. se haya dentro de las aguas del Parque de las Salinas de Ibiza y Formentera.

En la zona más superficial de su recorrido y hasta aproximadamente los 5 metros de profundidad, el emisario atraviesa una **Comunidad Infralitoral de Algas Fotófilas** (Calvín Calvo 1995) con dominancia de *Cystoseira balearica*. (en la foto) en esta zona se alterna un fondo de roca plana con claros de arena y cantos rodados, mostrando un hidrodinamismo de fuerte a moderado.



Son también muy abundantes las algas *Padina pavonica*, *Halopteris filicina*, *Dasycladus vermicularis*, *Dictyota dichotoma* variedad *intricata*, *Lophocladia lallemandii*, *Halimeda tuna*, *Udotea petiolata*, *Cladophora* sp., las coralináceas *Jania* sp y *Amphiroa rigida*, *Anadyomene stellata* y *Falkenbergia rufolanosa* así como las esponjas *Ircinia variabilis*, *I. fasciculata*, *Sarcotragus spinosula* y *Spirastrella cunctatrix*. A escasa profundidad están presentes también algunas pequeñas manchas de *Posidonia oceanica*. Sobre el fondo arenoso presencia del molusco *Pinna nobilis*.



La esponja *Ircinia fasciculata* en un fondo rocoso con las algas *Halimeda tuna* (en verde), *Corallina* y *Amphiroa*.



La esponja *Sarcotragus spinosula*, presente en abundancia en estos fondos a escasa profundidad en los comienzos del emisario.



Presencia del molusco *Pinna nobilis* próximo a zonas con *Posidonia*

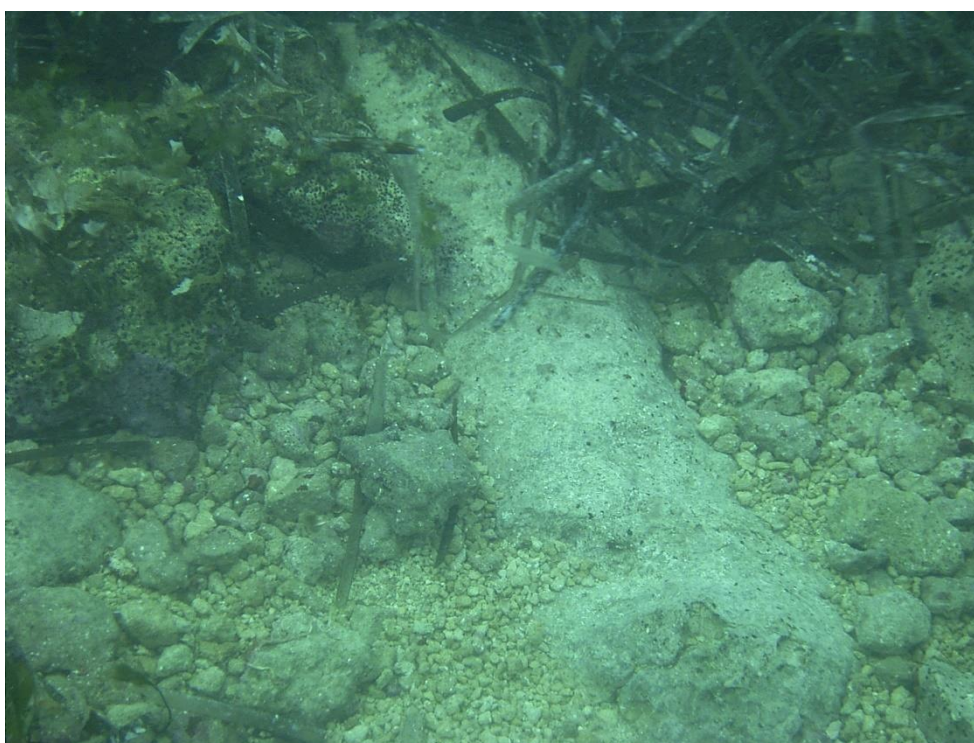


Esponja *Spirastrella cuncatrix* en las inmediaciones del emisario. 3m de profundidad.

El emisario continúa por una zanja excavada en roca y cubierta de piedras con recubrimiento de algas fotófilas caracterizado por la dominancia de *Padina pavonica* sobre todo, así como de *Dictyota dichotoma* y *Dasycladus vermicularis* entre los 4 y los 8 metros de profundidad a aproximadamente 400 m de la costa alternándose con comunidades de *Posidonia oceanica* distribuida en manchas con densidades del orden de 168 haces por metro cuadrado.



Fondo de roca plana con *Dasycladus vermicularis*. Presencia de *Posidonia oceanica*.



Emisario semienterrado en fondo pedregoso a 6 metros de profundidad.

Entre 8 y 10m de profundidad y hasta el final del emisario la comunidad dominante es la de *Posidonia oceanica* sobre fondo rocoso encontrando densidades sobre 123 haces por metro cuadrado a 21 metros de profundidad.



Emisario sobre Comunidad de Posidonia oceánica a 15 m de profundidad



Boca del emisario situada a 21m de profundidad en pradera de Posidonia



Arrecife antiarrastre unido con cadenas para proteger la boca del emisario y los fondos de *Posidonia* adyacentes.



Las Comunidades de Fanerógamas Marinas presentes en el tramo del recorrido de este emisario (*Posidonia oceanica*) figuran entre otros en las listas de “Especies marinas a proteger en el Mediterráneo” elaboradas en el Congreso del mismo nombre desarrollado en Carry-le-Rouet (Francia) en 1989, por lo que son las comunidades más importantes a tener en cuenta en cualquier tipo de actuación.