ESTUDIO DE DILUCIÓN Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL VERTIDO DEL EFLUENTE DE LA EDAR DE ALCÚDIA EN LA BAHÍA DE ALCÚDIA MEDIANTE EMISARIO SUBMARINO

Promotor:

AJUNTAMENT D'ALCÚDIA

.

Autor del Estudio:

José María Montojo Montojo
I.C.C.P. Colegiado nº 6.640

MARZO 2016

Índice

1. ANTECEDENTES Y OBJETO 3
2. ESTUDIO DE DILUCIÓN 3
2.1 ESTUDIO HIDRÁULICO DEL EMISARIO 3
2.1.1 Descripción del emisario 3
2.1.2 Altura disponible para el vertido 5
2.1.3 Coeficientes de pérdidas localizadas de energía 5
2.1.4 Pérdidas de energía por fricción 5
2.2 CÁLCULOS DE DILUCIÓN 7
2.2.1 Introducción 7
2.2.2 Cálculo de la dilución inicial por las fórmulas del apéndice B de la Instrucción ... 7
2.2.3 Cálculo de la dilución por las fórmulas de Tian, Roberts y Daviero 8
2.2.4 Dilución en el campo lejano 13
3. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL 24
3.1 INTRODUCCIÓN 24
3.2 CLASIFICACIÓN DEL EMISARIO DE LA EDAR DE ALCÚDIA 27
3.3 PUNTOS DE MUESTREO 27
3.4 PROGRAMA PERIODIFICADO POR MESES 30
3.5 ANALÍTICAS 31
3.5.1 Del efluente de la EDAR 31
3.5.2 Del agua del mar 31
3.5.3 De los sedimentos del fondo del mar 32
3.6 RECONOCIMIENTOS 32
3.6.1 Vigilancia de las comunidades bentónicas del supralitoral 32
3.6.2 Vigilancia de la pradera de posidonia 32
3.6.3 Inspección anual del emisario 33
3.7 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS 33

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

En relación al "Proyecto reformado de ampliación de la EDAR de Alcúdia", el Ayuntamiento de Alcúdia recibió, el 3 de agosto de 2015, un escrito de la *Comissió de Medi Ambient de les Illes Balears*, datado el 27 de julio de 2015 (es decir, con posterioridad al acuerdo del Pleno de la CMAIB, de 21 de mayo de 2015, sobre el proyecto), adjuntando un informe del *Servei de Planificació de la Direcció General de Medi Natural, Educació ambiental i Canvi Climàtic* (Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca - Govern de les Illes Balears), firmado el 30 de junio de 2015. En la conclusión de este informe se solicitan las siguientes informaciones:

a) *Estudi de les noves condicions de dilució que es donaran en l'abocament per l'emissari submarí amb l'entrada en funcionament de l'ampliació prevista a l'EDAR.*
b) *Programa de vigilància i control que permeti controlar, durant la fase de funcionament, el compliment dels valors de depuració legalment exigibles, així com detectar les possibles afeccions que aquest abocament pugui produir sobre hàbitats i espècies d'interès comunitari presents en l'espai esmentat.*
c) *Estudi de repercussions ambientals en relació als objectius de conservació de Xarxa Natura 2000...*

El Ayuntamiento de Alcúdia encargó la redacción del estudio y del programa indicados en los apartados "a" y "b" al ingeniero que suscribe este documento, y la realización del estudio de repercusiones ambientales a la empresa "Centro Balear de Biología Aplicada, S.L.".

En este documento se desarrollan los apartados "a" y "b", es decir, el estudio de dilución y el programa de vigilancia y control.

2. ESTUDIO DE DILUCIÓN

2.1 ESTUDIO HIDRÁULICO DEL EMISARIO

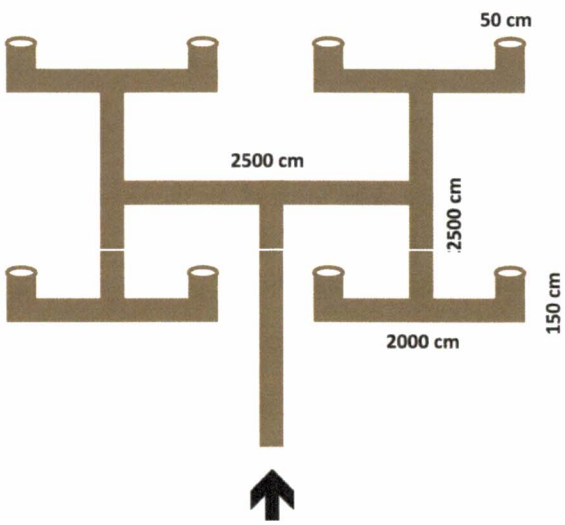
En primer lugar, es necesario determinar cual es el caudal máximo de agua que puede salir por el emisario.

2.1.1 Descripción del emisario

El emisario se compone de dos tramos terrestres y uno marítimo:

TRAMO	MATERIAL	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (m)
1	PRFV	600	588	3.268
2	PRFV	500	505	908
3	Fibrocemento	500	500	700
TOTAL				**4.876**

El dispositivo de difusión consta de 8 bocas circulares de diámetro 500 mm, orientadas hacia arriba, separadas 1,5 m del fondo, según el siguiente esquema:



Dada la simetría del dispositivo, cabe esperar que salga el mismo caudal por cada una de las bocas, ya que el agua tiene que recorrer la misma longitud y el mismo número de codos independientemente de la boca por la que salga. Sin embargo, esta situación puede haber quedado alterada si ha habido entrada de partículas de arena o colonización del interior de los tubos por organismos. En cualquier caso, se supondrá que por cada boca sale 1/8 del caudal, aproximación que se considera válida para el cálculo del caudal máximo del emisario.

El dispositivo difusor está a 11,20 m de profundidad, pero dado que las bocas están a 1,50 m sobre el fondo, la profundidad de vertido es 9,70 m.

2.1.2 Altura disponible para el vertido

El emisario arranca desde una laguna de efluente existente en la EDAR, cuyo vertedero está situado a la cota +12,09 m sobre el nivel del mar.

La pérdida de altura disponible debida a la diferencia de densidad entre el efluente y el agua de mar es:

$$\Delta = \left(\frac{\rho_a}{\rho_0} - 1 \right) \cdot H = 0{,}25 \ m$$

siendo ρ_a = 1.026 kg/m^3, la densidad del agua de mar; ρ_0 = 1.000 kg/m^3 la densidad del efluente; y H = 9,70 m, la profundidad o distancia vertical desde la superficie del mar hasta las bocas.

La altura disponible para el vertido es: 12,09 – 0,25= 11,84 m

2.1.3 Coeficientes de pérdidas localizadas de energía

El trazado consiste en grandes rectas y curvas suaves. Las curvas se esquematizan como cambios de alineación (codos). La pérdida de carga en la tubería difusora se trata como una pérdida localizada al final del emisario.

Tramo 1: Embocadura y codo 30º: $\sum K = 0{,}5 + 0{,}25 = 0{,}75$

Tramo 2: Reducción diámetro (508 / 505 mm), y codos de 30º y 15º: $\sum K = 0{,}5 + 0{,}25 + 0{,}15 = 0{,}90$

Tramo 3: Difusor:

- Derivación T para Q/2: $K_1 = 2 \cdot 0{,}5^2 = 0{,}5$
- Derivación T para Q/4: $K_2 = 2 \cdot 0{,}25^2 = 0{,}125$
- Derivación T para Q/8: $K_3 = 2 \cdot 0{,}125^2 = 0{,}03125$
- Salida libre para Q/8: $K_4 = 0{,}125^2 = 0{,}015625$

$$\sum K = 0{,}5 + 0{,}125 + 0{,}03125 + 0{,}015625 = 0{,}672$$

Este coeficiente es muy bajo respecto a los difusores de otros emisarios debido al gran diámetro de las bocas (500 mm), igual al diámetro de la tubería principal.

2.1.4 Pérdidas de energía por fricción

Se calculan por la fórmula de Colebrook, mediante la aproximación explícita de Swamee-Jain.

Para el cálculo se estima que la rugosidad de las tuberías es 0,20 mm (un valor adecuado para tuberías no nuevas).

Las fórmulas están programadas en una hoja de cálculo. Se prueban varios valores de caudales hasta encontrar uno que cumple que la pérdida total de carga es igual a la altura disponible para el vertido.

CÁLCULO HIDRÁULICO EMISARIO EDAR ALCÚDIA			
DATOS GENERALES			
Gravedad (m/s^2)	9,8	ALTURA DISPONIBLE (m)	**11,84**
Viscosidad (kg/m.s)	0,0013	CAUDAL (m^3/h)	**1058,5**
Densidad (kg/m^3)	1000	CAUDAL (L/s)	**294,0**
DATOS TRAMO 1			
Longitud (m)	3268	Velocidad (m/s)	1,08
Diámetro (m)	0,588	Nº Reynolds	489754
Rugosidad (mm)	0,2	Factor fricción f	0,0167
Multiplicador fric. fangos	1	Pérdida de carga por fricción (m)	5,55
Σ K pérdidas localizadas	0,75	Pérdidas de carga localizadas (m)	0,04
		Σ PÉRDIDAS CARGA T.1 (m)	**5,60**
DATOS TRAMO 2			
Longitud (m)	908	Velocidad (m/s)	1,47
Diámetro (m)	0,505	Nº Reynolds	570248
Rugosidad (mm)	0,2	Factor fricción f	0,0170
Multiplicador fric. fangos	1	Pérdida de carga por fricción (m)	3,35
Σ K pérdidas localizadas	0,9	Pérdidas de carga localizadas (m)	0,10
		Σ PÉRDIDAS CARGA T.2 (m)	**3,45**
DATOS TRAMO 3			
Longitud (m)	700	Velocidad (m/s)	1,50
Diámetro (m)	0,5	Nº Reynolds	575950
Rugosidad (mm)	0,2	Factor fricción f	0,0170
Multiplicador fric. fangos	1	Pérdida de carga por fricción (m)	2,72
Σ K pérdidas localizadas	0,672	Pérdidas de carga localizadas (m)	0,08
		Σ PÉRDIDAS CARGA T.3. (m)	**2,80**
CONJUNTO DEL SISTEMA:		**PÉRDIDA DE CARGA TOTAL (m)**	**11,84**

El resultado es:

Q = 1.058,5 m^3/h = 294 L/s

Éste es el caudal máximo de agua que puede transportar la conducción.

En la temporada alta turística la EDAR puede recibir un caudal superior al indicado durante varias horas cada día. La diferencia entre el caudal de entrada y el de salida por el emisario se almacena temporalmente en los tanques y lagunas de regulación de la EDAR, que tienen una capacidad total de regulación de 4.080 m^3. Por la noche entra poco caudal en la EDAR y los volúmenes de agua almacenados son descargados a través del emisario.

La EDAR se ha diseñado para tratar un caudal diario de 21.650 m^3/d, lo que da una media horaria de 902 m^3/h. En invierno, los caudales son aproximadamente una tercera parte de los anteriores. La primavera y el otoño son estaciones de caudales intermedios entre los de verano e invierno, en función de la afluencia turística al municipio.

2.2 CÁLCULOS DE DILUCIÓN

2.2.1 Introducción

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.

Durante el verano y parte del otoño, el mar en torno a las islas presenta condiciones de estratificación, con una picnoclina generalmente situada entre 20 y 40 m de profundidad. En el caso del emisario de Alcúdia, dado que el vertido se hace a menos de 10 m de profundidad, no cabe considerar el caso de columna de agua estratificada.

2.2.2 Cálculo de la dilución inicial por las fórmulas del apéndice B de la Instrucción

Las bocas difusoras más cercanas entre sí están separadas 5 m (otras están separadas 20 o 25 m), distancia superior al 20 % de la profundidad de vertido, que serían 2 m.

Por tanto, nos encontramos en el caso de la Instrucción B.2.2.2, que corresponde a "*Medio receptor no estratificado*" y "*Difusor con bocas de descarga muy separadas*". En este caso, según la Instrucción, "*los chorros no interaccionan hasta llegar a la capa de mezcla, por lo que la dilución puede calcularse para cada chorro aislado*".

La velocidad de la corriente en la zona es generalmente baja. En consecuencia, la fórmula de la Instrucción a aplicar es:

$$S_m = 0{,}089 \cdot \frac{g'^{1/3} \cdot y^{5/3}}{Q_b^{2/3}}$$

Donde:

- S_m: dilución a una altura "y" sobre las bocas
- Q_b: caudal que sale por cada boca: $Q_b = 0{,}294 / 8 = 0{,}03675$ m^3/s
- g': gravedad reducida, $g' = \frac{(\rho_a - \rho_0)}{\rho_0} \cdot g = 0{,}255 \ m/s^2$

  donde:

  - g: gravedad, 9,8 m/s^2
  - ρ_0: densidad efluente, 1.000 kg/m^3
  - ρ_a: densidad mar, 1.026 kg/m^3

La Instrucción permite hacer la aproximación de que el espesor de la capa de mezcla es e = 0,15 · H = 0,15 · 9,70 = 1,46 m, en cuyo caso, el valor de "y" a adoptar para calcular la dilución en la capa de mezcla es y = 9,70 – 1,46 = 8,24 m. El valor aproximado de la dilución inicial es:

$$S_m = 0{,}089 \cdot \frac{0{,}255^{1/3} \cdot 8{,}24^{5/3}}{0{,}03675^{2/3}} = 17{,}2 < 100$$

2.2.3 Cálculo de la dilución por las fórmulas de Tian, Roberts y Daviero

Las fórmulas del apéndice B de la Instrucción son bastante antiguas. Además, calculan la dilución en el eje central de la pluma ascendente, pero no en los bordes del "campo cercano". En este apartado se calcula la dilución inicial por las fórmulas de Tian, Roberts y Daviero, publicadas en 2004 en el *Journal of Hydraulic Engineering*:

- Tian, X., Roberts, P.J.W. y Daviero, G.J. (2004). Marine Wastewaters discharges from multiport diffusers (I: Unstratified stationary water; II: Unstratified flowing water). *Journal of Hydraulic Engineering*, **130** (12), 1137-1155.
- Daviero, G.J. y Roberts, P.J.W. (2004). Marine Wastewaters discharges from multiport diffusers (III: Stratified stationary water). *Journal of Hydraulic Engineering*, **132** (4), 404-410.
- Tian, X., Roberts, P.J.W. y Daviero, G.J. (2004). Marine Wastewaters discharges from multiport diffusers (IV: Stratified flowing water). *Journal of Hydraulic Engineering*, **132** (4), 411-419.

Estas fórmulas están recogidas en el texto de la International Water Association (IWA) más reciente sobre emisarios submarinos, que es:

- Roberts, P.J.W., et al (2010). Marine Wastewater Outfalls and Treatment Systems. *IWA Publishing*, Londres.

Los datos necesarios para los cálculos, en el caso de columna de agua homogénea y descarga puntual, son:

- Caudal, Q
- Número bocas, n
- Profundidad bocas, H
- Gravedad, g
- Densidad efluente, ρ_0
- Densidad mar, ρ_a

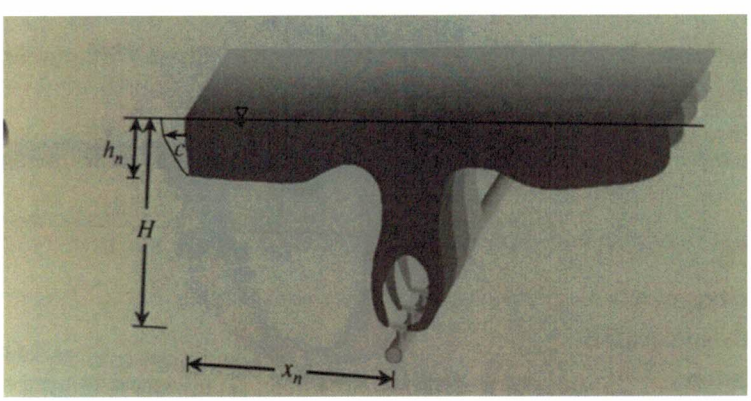
A partir de los datos anteriores se calculan las siguientes variables intermedias:

- Caudal por boca: $Q_j = \frac{Q}{n}$
- Gravedad reducida: $g' = \frac{(\rho_a - \rho_0)}{\rho_a} \cdot g$
- Flotabilidad de descarga puntual: $B = g' \cdot Q_j$

- Escala de longitud (descarga puntual): $l_B = \frac{B^{1/4}}{N^{3/4}}$

Las fórmulas para calcular la dilución (S_n), el radio o semilongitud del campo cercano (x_n), el espesor de la capa de mezcla (h_n), y las alturas sobre las bocas del difusor de las superficies superior e inferior del penacho ($z_{máx}$ y $z_{mín}$), son las siguientes (suponiendo corriente nula o de velocidad muy baja, que es el caso más conservador posible):

Dilución en el campo cercano	$\frac{S_n Q_j}{B^{1/3} H^{5/3}} = 0{,}26$
Radio del campo cercano	$\frac{x_n}{H} = 2{,}8$
Espesor de la capa de mezcla	$\frac{h_n}{H} = 0{,}11$
Altura máxima de la pluma sobre las bocas del difusor	$z_{\max} = H$
Altura mínima de la pluma sobre las bocas del difusor	$z_{\min} = z_{\max} - h_n$



Pluma en condiciones estacionarias sin estratificación

Las fórmulas están programadas en una hoja de cálculo. Los datos introducidos, los resultados intermedios y los finales son los siguientes:

DATOS			
Variable	**Símbolo**	**Unidad**	**Valor**
Caudal	Q	m^3/s	0,294
Número bocas	n	-	8
Profundidad bocas	H	m	9,70
Gravedad	g	m/s^2	9,8
Densidad efluente	ρ_0	kg/m^3	1000
Densidad mar	ρ_a	kg/m^3	1026

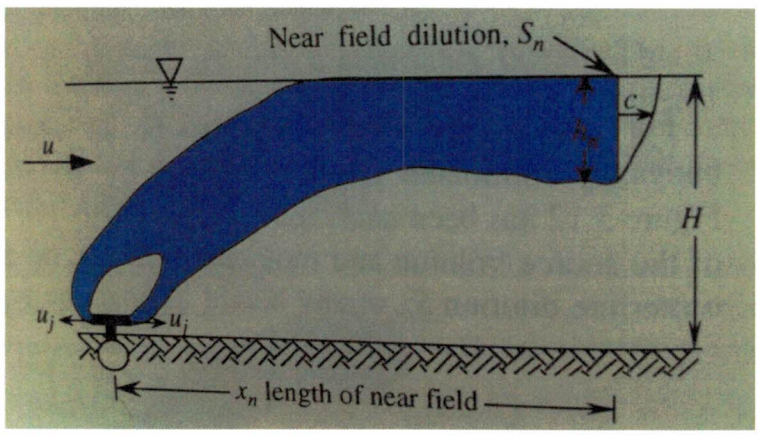
RESULTADOS INTERMEDIOS			
Variable	**Símbolo**	**Unidad**	**Valor**
Caudal por boca	Q_b	m^3/s	0,036750
Gravedad reducida	g'	m/s^2	0,248
Flotabilidad de descarga puntual	B	m^4/s^3	0,009127
Tipo de descarga			Puntual

CARACTERÍSTICAS PLUMA DE DESCARGA PUNTUAL			
Variable	**Símbolo**	**Unidad**	**Valor**
Dilución mínima	S_n	-	65,2
Longitud del campo cercano	x_n	m	28,13
Altura máxima pluma sobre bocas	$z_{máx}$	m	9,70
Espesor de la capa de mezcla	h_n	m	1,07

La dilución en el borde del campo cercano, es 65,2 (inferior a 100).

Teniendo en cuenta la disposición de las bocas difusoras y el radio del campo cercano de la pluma de cada boca (28,13 m), el campo cercano conjunto, en ausencia de corriente, tendría unas dimensiones en planta de aproximadamente 100 x 80 m (100 m en dirección paralela a la costa y 80 m en perpendicular) y un espesor de 1,07 m. La dilución inicial de 65,2 sería la existente en los bordes laterales de este campo. El caudal de agua a través de los bordes sería de 65,2 x 0,294 = 19,2 m^3/s. Dado que el área de los bordes es de aproximadamente 2 x (100 + 80) x 1,07 = 385 m^2, la velocidad del flujo sería de 0,05 m/s (5 cm/s). Todo esto en condiciones de máximo caudal de efluente y ausencia de corriente.

Cuando hay corriente, la pluma se deforma en la dirección de la corriente, obteniéndose valores superiores de dilución inicial, especialmente con corrientes fuertes.



Pluma en el campo cercano con corriente, sin estratificación

A continuación se calcula el desplazamiento inicial del penacho, como consecuencia de la curvatura de los chorros de agua durante la ascensión a la superficie, para unas velocidades de corriente, U_a, 0,1 y 0,2 m/s.

Para calcular la posición inicial del penacho, se compone vectorialmente la velocidad horizontal U_a de la corriente con una velocidad vertical de ascensión de los chorros, que se calcula por la siguiente expresión (según la Instrucción):

$$W = 6{,}3 \cdot \left(g' \cdot Q_j / H\right)^{1/3} = 0{,}62 \ m/s$$

A partir de la siguiente expresión se obtiene el desplazamiento horizontal del penacho respecto a la vertical de las bocas de descarga:

$$x_0 = H \frac{U_a}{W}$$

Para una velocidad de corriente U_a = 0,1 m/s → X_0 = 1,56 m.

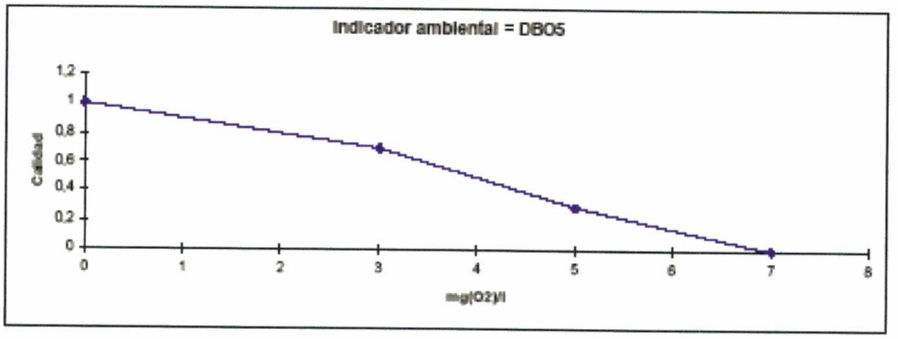
Para una velocidad de corriente U_a = 0,2 m/s → X_0 = 3,13 m.

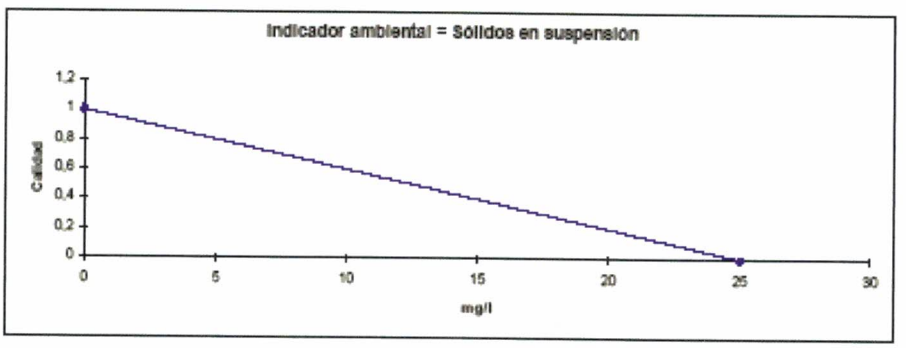
Se observa que en este caso, debido a la escasa profundidad y la alta velocidad ascendente de los chorros, el desplazamiento inicial del penacho es muy pequeño respecto a las dimensiones del campo cercano. Esto también indica que, para estas condiciones de corriente, la dilución inicial no es significativamente superior a la calculada para condiciones estacionarias.

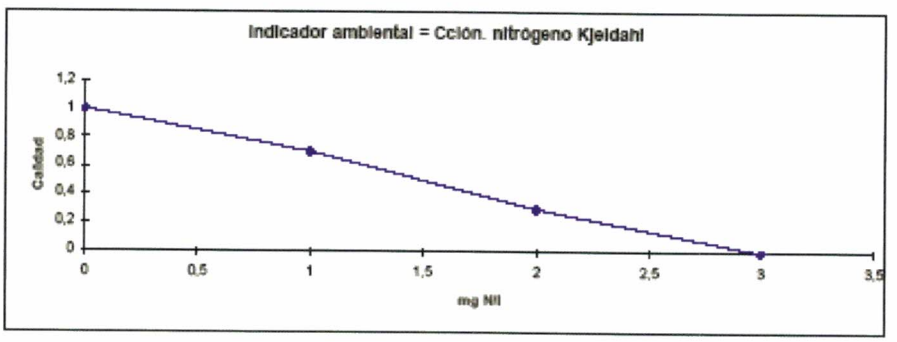
Es importante observar que, debido a la flotabilidad de la pluma y a la ausencia de estratificación de la columna de agua, la zona de agua contaminada en el campo cercano es la capa superior, no quedando contaminadas las capas inferiores (de forma similar al efecto de una chimenea arrojando un gas contaminante, más ligero que el aire, a la atmósfera).

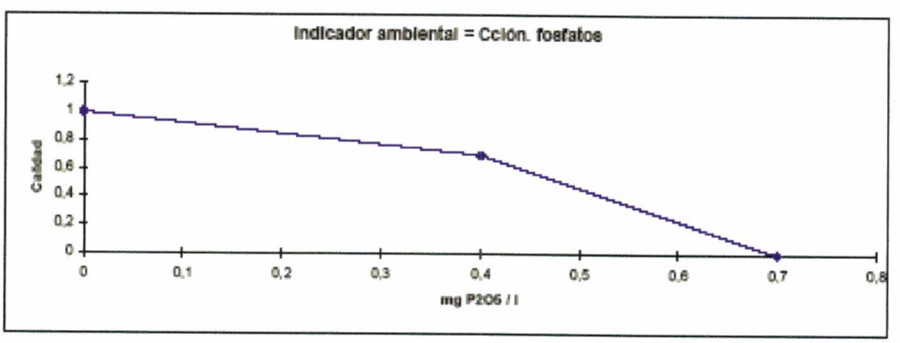
Si el agua residual es tratada correctamente, el efluente, aunque puede contener cierta cantidad de sólidos en suspensión (hasta 35 mg/L en un efluente secundario), estas partículas son difícilmente sedimentables, ya que el efluente ha pasado previamente por varios procesos de decantación. Para que sedimentaran se necesitaría un medio receptor en condiciones de quietud casi absoluta y prolongada, lo que prácticamente no se da en el mar (aunque se haya hecho esta hipótesis para el cálculo de un valor conservador de la dilución inicial). Por tanto, el correcto tratamiento del agua residual es importante para minimizar el efecto ambiental del vertido.

Según Gómez Orea y otros (*), se pueden establecer los siguientes indicadores ambientales del agua dependiendo de su concentración de DBO_5, sólidos en suspensión, nitrógeno Kjeldahl y fosfatos (el valor 1 de cada indicador señala la calidad máxima o ausencia de contaminación):









(*) Gómez Orea, D y otros (1999). "Modelo para la evaluación de Impacto Ambiental. Una propuesta de objetivación en las Islas Baleares". *Institut d'Estudis Ecològics (Conselleria de Medi Ambient, Ordenació del Territori i Litoral. Govern de les Illes Balears)*. Palma.

En la tabla siguiente se indica:

- la concentración máxima permitida de varios contaminantes en el efluente
- la concentración máxima de los mismos contaminantes en el borde del campo cercano (suponiendo la dilución calculada de 65,2 y que no hubiera otras fuentes de contaminación)
- los indicadores ambientales del agua, calculados según los gráficos o fórmulas de la publicación mencionada.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA (mg/L)		INDICADOR AMBIENTAL AGUA
	En el efluente	En el borde del campo cercano	
DBO_5	25	0,38	0,96
DQO	125	1,92	ND
Sólidos en suspensión	35	0,54	0,98
Nitrógeno total	15	0,23	0,95
Fósforo total	2	0,03	0,98

Se observa que, para cualquiera de los parámetros considerados, la concentración de contaminantes en los bordes del campo cercano es muy baja y el indicador ambiental es muy próximo a 1, lo que significa una calidad muy alta del agua y señala los buenos resultados que pueden lograrse con una depuradora y un emisario submarino, siempre que el tratamiento del agua en la depuradora sea el adecuado para que se cumplan los límites normativos.

2.2.4 Dilución en el campo lejano

Cuando hay corriente, aunque sea básicamente superficial, el penacho es arrastrado y se deforma en dirección transversal y vertical, es decir, haciéndose cada vez más ancho y profundo. En cambio, apenas hay deformación en sentido longitudinal, al menos hasta que la pluma interacciona con el fondo del mar.

Según la Instrucción, la concentración de cualquier contaminante en cualquier punto de la pluma, determinado por sus coordenadas (X, Y, Z) viene dada por la expresión:

$$C(X,Y,Z) = \frac{C_0}{S_n} \cdot F_0(t) \cdot F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot F_3(t)$$

donde:

- X se mide a partir de la posición inicial del penacho, en la dirección de la corriente
- Z es la profundidad
- Y se mide perpendicularmente a los ejes X, Z, es decir, en dirección transversal a la corriente
- t es el tiempo transcurrido desde que la partícula situada en X, Y, Z, salió desde la sección inicial: $t = \frac{X}{U_a}$

- U_a es la velocidad de la corriente
- La función $F_0(t)$ se aplica solo para contaminantes no conservativos, como son, por ejemplo, las bacterias coliformes. En este caso, $F_0(t)$ describe la reducción de concentración de coliformes debido a su mortalidad o desactivación por insolación, pH y demás características bactericidas del medio marino. Su expresión es: $F_0(t) = 10^{-t/T_{90}}$
- $F_1(t)$ describe la reducción de concentración de contaminantes debido a la dispersión de la pluma en sentido longitudinal. Esta dispersión es muy baja –hasta que la pluma interacciona con el fondo marino-, por lo que se desprecia, considerándose $F_1(t) = 1$
- $F_2(t)$ describe la reducción de concentración de contaminantes debido a la dispersión de la pluma en sentido transversal. Su expresión es:

$$F_2(Y,t) = \frac{1}{2}\left[erf\left(\frac{A/2 + Y}{\sigma_y \sqrt{2}} \right) + erf\left(\frac{A/2 - Y}{\sigma_y \sqrt{2}} \right) \right]$$

- $F_2(t)$ describe la reducción de concentración de contaminantes debido a la dispersión de la pluma en sentido vertical (en profundidad). Su expresión es:

$$F_3(Z,t) = \frac{1}{2}\left[erf\left(\frac{e + Z}{\sigma_z \sqrt{2}} \right) + erf\left(\frac{e - Z}{\sigma_z \sqrt{2}} \right) \right]$$

Esta fórmula es válida hasta llegar a una profundidad H_h, en la que la dispersión de la pluma en profundidad llega hasta el fondo marino, es decir, la pluma ocupa toda la columna de agua. Para profundidades inferiores a H_h, ya no se produce una mayor dispersión, y resulta $F_3 = \frac{h_n}{H_h}$

Los significados de las variables que intervienen en las fórmulas anteriores se indican a continuación:

- A: Ancho inicial de la pluma (m).
- e (denotado como h_n en la sección anterior): Espesor de la capa de mezcla (m).
- $erf(X)$: Función de error definida como: $erf(X) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^X e^{-t^2} dt$.
- σ_y es la desviación típica de la distribución de concentraciones en dirección transversal a la pluma. Se calcula por la expresión $\sigma_y = (2 \cdot K_y \cdot t)^{1/2}$, donde K_y es un coeficiente de dispersión transversal que, medido en m^2/s, se calcula como: $K_y = 3 \cdot 10^{-5} \cdot A^{4/3}$
- σ_z es la desviación típica de la distribución de concentraciones en dirección vertical. Se calcula por la expresión $\sigma_z = (2 \cdot K_z \cdot t)^{1/2}$, donde K_z es un coeficiente de dispersión vertical que, en ausencia de estratificación, y medido en m^2/s, se calcula como $K_z = 4 \cdot 10^{-3} \cdot U_a \cdot e$

Las fórmulas anteriores se han programado en una hoja de cálculo cuyos resultados para diversos escenarios se mostrarán a continuación.

En la zona las corrientes superficiales son fundamentalmente ocasionadas por el viento, y, como es sabido, se desvían hacia la derecha en relación a la dirección del viento. La velocidad de una corriente de este tipo es proporcional a la velocidad del viento. Por tanto, teniendo en cuenta la variabilidad de la dirección y la fuerza del viento, hay un número indefinido de escenarios posibles, y solo se van a plantear unos pocos a modo de ejemplo.

En cualquier caso, esta misma variabilidad nos indica que estos escenarios son transitorios y, a menudo, de escasa duración. Es decir, una determinada zona del mar o de la costa se verá afectada solo transitoriamente por la pluma (de forma similar a como una determinada zona de la atmósfera se puede ver afectada por el humo de una chimenea, dependiendo de donde sople el viento).

Se van a plantear los siguientes escenarios:

A. Contaminantes conservativos: corriente paralela a la costa, velocidades 0,05 y 0,2 m/s
B. Coliformes: corrientes en direcciones a la playa de Alcúdia y a cala Ponçet (Alcanada), velocidad 0,2 m/s

El planteamiento de corrientes de velocidad 0,2 m/s en dirección a las zonas de baño es un requisito de la Instrucción. Una corriente superficial de 0,2 m/s es generada por un viento de unos 45 km/h, que es un viento de fuerza 6 en la escala de Beaufort. En verano, un viento de esta fuerza o superior ocurre menos de un 2 % del tiempo. Es un viento desagradable y hace que el número de bañistas descienda prácticamente a cero. Una corriente superficial de 0,05 o 0,1 m/s puede darse con mayor frecuencia.

Los cálculos se hacen con el caudal máximo de agua (294 L/s), si bien en muchos momentos del año el caudal es notablemente inferior. Incluso en verano, la captación de parte del efluente de la EDAR por el Club de Golf de Alcanada, hace que se vierta un caudal inferior al mar en determinados periodos.

Se calculan sólo las diluciones (caso A) o las concentraciones de coliformes (caso B) a lo largo del eje X, en superficie, es decir, para Y = Z = 0, ya que, para cada sección vertical, la concentración de contaminantes es máxima en este punto, disminuyendo hacia los lados y en profundidad, en forma de campanas de Gauss.

A. <u>Contaminantes conservativos, corriente paralela a la costa</u>

Supondremos que el eje central de la pluma se mueve paralelamente a la costa sobre la isobata de 11 m. Al ser la corriente aproximadamente perpendicular al emisario, y teniendo en cuenta la geometría del difusor, consideramos un ancho inicial de pluma de unos 80 m.

Para velocidad de corriente U_a = 0,05 m/s se obtiene:

DATOS	
Ancho inicial de la pluma, A (m)	80
Espesor de la capa de mezcla, e (m)	1,07
Dilución inicial, S_n	65,2
Velocidad de la corriente, U_a (m/s)	0,05
Coordenadas Y, Z de los puntos de cálculo:	
Coordenada Y (m)	0
Coordenada Z (m)	0

CÁLCULO COEFICIENTES DE DISPERSIÓN	
Coeficiente de dispersión transversal, K_y (m^2/s)	0,0103413
Coeficiente de dispersión vertical, K_z (m^2/s)	0,000214

Distancia a la posición inicial del penacho X (m)	Profundidad fondo mar (m)	F_0	F_1	F_2	F_3	Dilución
0	11,00	1,000	1,000	1,000	1,000	65,2
100	11,00	1,000	1,000	1,000	0,587	111,2
200	11,00	1,000	1,000	0,998	0,437	149,5
300	11,00	1,000	1,000	0,989	0,363	181,5
400	11,00	1,000	1,000	0,972	0,317	211,3
500	11,00	1,000	1,000	0,951	0,285	240,3
600	11,00	1,000	1,000	0,927	0,262	268,8
700	11,00	1,000	1,000	0,904	0,243	297,3
800	11,00	1,000	1,000	0,880	0,228	325,6
900	11,00	1,000	1,000	0,857	0,215	354,0
1000	11,00	1,000	1,000	0,836	0,204	382,3
1100	11,00	1,000	1,000	0,815	0,195	410,7
1200	11,00	1,000	1,000	0,796	0,187	439,0
1300	11,00	1,000	1,000	0,777	0,179	467,4
1400	11,00	1,000	1,000	0,760	0,173	495,8
1500	11,00	1,000	1,000	0,744	0,167	524,2
1600	11,00	1,000	1,000	0,728	0,162	552,5
1700	11,00	1,000	1,000	0,714	0,157	580,9
1800	11,00	1,000	1,000	0,700	0,153	609,3
1900	11,00	1,000	1,000	0,687	0,149	637,7
2000	11,00	1,000	1,000	0,675	0,145	666,2
2100	11,00	1,000	1,000	0,663	0,142	694,6
2200	11,00	1,000	1,000	0,652	0,138	723,0
2300	11,00	1,000	1,000	0,641	0,135	751,4
2400	11,00	1,000	1,000	0,631	0,133	779,8
2500	11,00	1,000	1,000	0,621	0,130	808,3

Se observa como a 500 m, la dilución en el punto con mayor concentración de contaminantes ya es de 240,3, y a 2.500 m, 808,3.

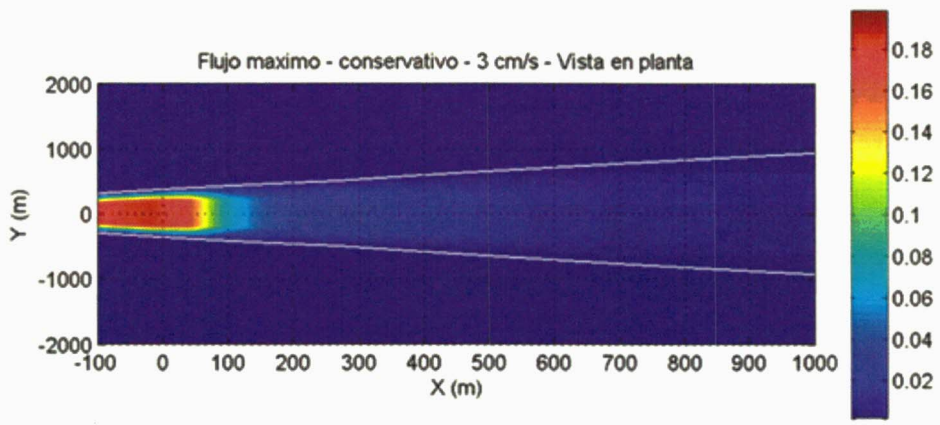
Para velocidad de corriente U_a = 0,2 m/s se obtiene:

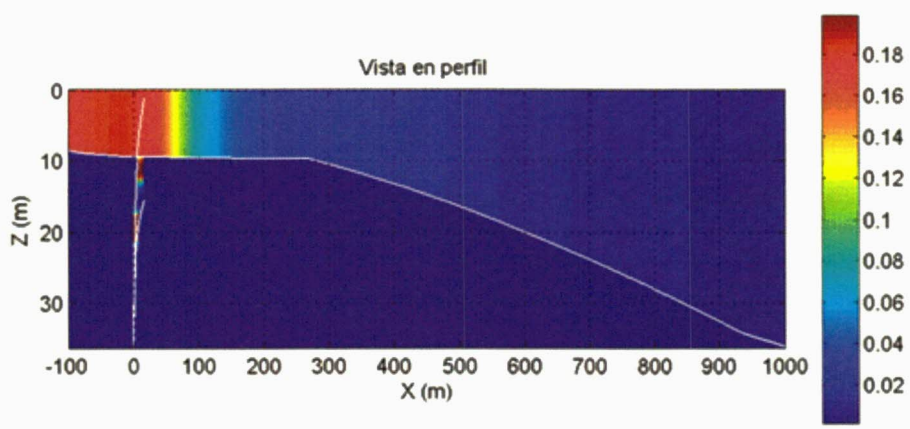
DATOS	
Ancho inicial de la pluma, A (m)	80
Espesor de la capa de mezcla, e (m)	1,07
Dilución inicial, S_n	65,2
Velocidad de la corriente, U_a (m/s)	0,20
Coordenadas Y, Z de los puntos de cálculo:	
Coordenada Y (m)	0
Coordenada Z (m)	0
CÁLCULO COEFICIENTES DE DISPERSIÓN	
Coeficiente de dispersión transversal, K_y (m^2/s)	0,0103413
Coeficiente de dispersión vertical, K_z (m^2/s)	0,000856

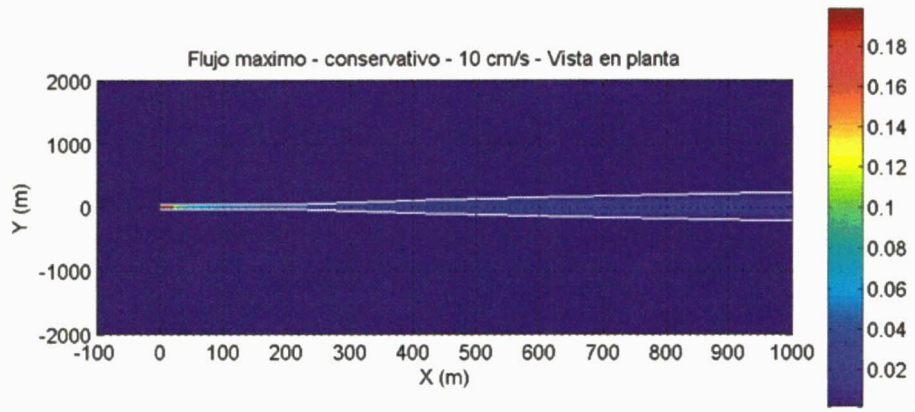
Distancia a la posición inicial del penacho X (m)	Profundidad fondo mar (m)	F_0	F_1	F_2	F_3	Dilución
0	11,00	1,000	1,000	1,000	1,000	65,2
100	11,00	1,000	1,000	1,000	0,587	111,2
200	11,00	1,000	1,000	1,000	0,437	149,2
300	11,00	1,000	1,000	1,000	0,363	179,5
400	11,00	1,000	1,000	1,000	0,317	205,4
500	11,00	1,000	1,000	1,000	0,285	228,5
600	11,00	1,000	1,000	1,000	0,262	249,4
700	11,00	1,000	1,000	0,999	0,243	268,8
800	11,00	1,000	1,000	0,998	0,228	287,1
900	11,00	1,000	1,000	0,997	0,215	304,5
1000	11,00	1,000	1,000	0,995	0,204	321,3
1100	11,00	1,000	1,000	0,992	0,195	337,5
1200	11,00	1,000	1,000	0,989	0,187	353,3
1300	11,00	1,000	1,000	0,985	0,179	368,8
1400	11,00	1,000	1,000	0,981	0,173	384,1
1500	11,00	1,000	1,000	0,977	0,167	399,1
1600	11,00	1,000	1,000	0,972	0,162	414,0
1700	11,00	1,000	1,000	0,967	0,157	428,8
1800	11,00	1,000	1,000	0,962	0,153	443,5
1900	11,00	1,000	1,000	0,956	0,149	458,1
2000	11,00	1,000	1,000	0,951	0,145	472,6
2100	11,00	1,000	1,000	0,945	0,142	487,1
2200	11,00	1,000	1,000	0,939	0,138	501,5
2300	11,00	1,000	1,000	0,933	0,135	515,9
2400	11,00	1,000	1,000	0,927	0,133	530,3
2500	11,00	1,000	1,000	0,921	0,130	544,6

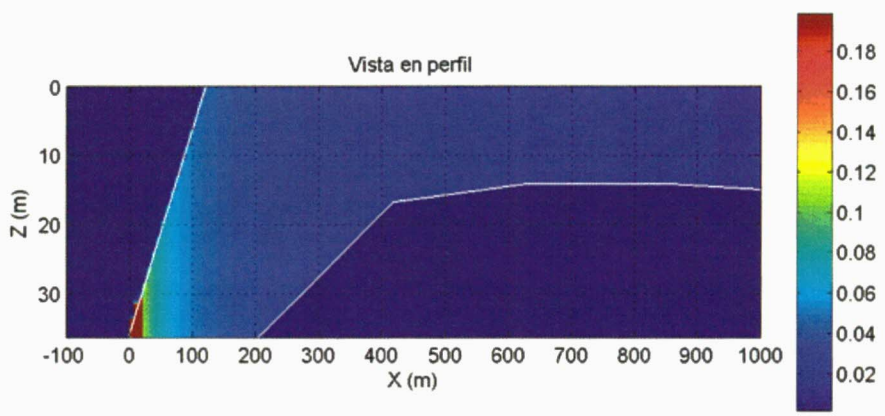
En este caso, a 500 m, la dilución en el punto con mayor concentración de contaminantes es de 228,5, y a 2.500 m, 544,6. Estas diluciones, aunque suficientemente altas, son algo menores que para la corriente más lenta. El motivo es que, cuando la velocidad de la corriente es mayor, la pluma es más estrecha, la contaminación no se dispersa tanto. A cambio, la zona afectada por la pluma es menor.

Este fenómeno puede observarse en los siguientes gráficos de la pluma de otro emisario, obtenidos mediante el programa CORMIX. El primer gráfico corresponde a una velocidad de corriente de 0,03 m/s. El segundo a una de 0,10 m/s. Se observa como la pluma es notablemente más estrecha, en el campo lejano, tanto en planta como en alzado, para la corriente de mayor velocidad.









B. Coliformes

La zona de baño de la playa del Puerto de Alcúdia está a unos 2.500 m de la zona del vertido. De acuerdo con la norma de la Instrucción examinaremos la evolución de la concentración de coliformes, en el caso de corriente en dirección a la playa, de velocidad 0,2 m/s

Otras hipótesis de cálculo:

a) Concentración de contaminantes en el efluente

Respecto a la contaminación microbiológica, la EDAR dispone de un canal de cloración en el que se puede desinfectar el efluente. Sin embargo, se va a comprobar la posibilidad de que se cumplan las normas de calidad de las aguas de baño, incluso sin necesidad de desinfección.

En el efluente de las depuradoras, aunque no se haga desinfección, hay ya una cierta disminución de la concentración de coliformes respecto a la del afluente, principalmente como consecuencia de la sedimentación y la radiación solar. Esta reducción es del orden de 10 a 100 veces.

Según un amplio estudio de 2470 análisis de muestras recogidas en 55 depuradoras de la cuenca mediterránea, a lo largo de 5 años (Garay, 2005), las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en los efluentes no desinfectados de las depuradoras, tenían las siguientes distribuciones:

Unidades: UFC/100 mL	Coliformes totales	Coliformes fecales	Estreptococos fecales
Valor máximo	$220\ 10^6$	$23\ 10^6$	$1{,}5\ 10^5$
Percentil 95	$25\ 10^6$	$5{,}9\ 10^6$	$5{,}3\ 10^5$
Percentil 90	$14{,}5\ 10^6$	$4{,}0\ 10^6$	$3{,}4\ 10^5$
Percentil 80	$7{,}5\ 10^6$	$1{,}6\ 10^6$	$1{,}6\ 10^5$
Percentil 50	$1{,}0\ 10^6$	$0{,}15\ 10^6$	$0{,}2\ 10^5$
Valor medio	$\mathbf{5{,}4\ 10^6}$	$\mathbf{1{,}1\ 10^6}$	$\mathbf{1{,}1\ 10^5}$

Desde hace algún tiempo se considera que los indicadores de contaminación fecal más adecuados son Escherichia coli (EC) y enterococos intestinales (EI). Estos indicadores son los que se utilizan en la legislación actual para aguas de baño.

Escherichia coli es una de las especies dominantes en las heces humanas y de otros animales de sangre caliente. Aunque es relativamente inocua, se utiliza como indicador de contaminación fecal debido a la facilidad de su detección y por su alta densidad en las muestras. Representa la fracción mayoritaria de los coliformes fecales, entre el 20 y el 80 % en la mayoría de las muestras.

Los enterecocos intestinales, a su vez, representan la fracción mayoritaria de los estreptococos fecales.

Para este estudio se ha considerado que EC y EI son, por término medio, el 60 % de, respectivamente, CF y EF, y se han tomado como valores de cálculo los correspondientes a los percentiles 95 de las respectivas distribuciones. Por tanto, se supondrá que sus concentraciones en el efluente son:

- Escherichia coli $EC = 0{,}6 \cdot 5{,}9 \cdot 10^6 \approx 3{,}5 \cdot 10^6$
- Enterococos intestinales $EI = 0{,}6 \cdot 5{,}3 \cdot 10^5 \approx 3{,}2 \cdot 10^5$

El criterio de dilución más restrictivo es el referido a Escherichia coli, pues los objetivos de calidad permiten 2,5 veces más EC que EI, y, en cambio, la presencia de EC en el efluente es más de 10 veces superior a la de EI.

b) Caudal efluente

Los cálculos se hacen con el caudal máximo: 294 L/s.

c) T_{90}

La mortalidad o inactivación de los microorganismos por su exposición al medio marino y a la radiación solar, se expresa como T_{90}, o tiempo en el que quedan desactivadas el 90 % de las unidades presentes en el efluente.

Las mediciones reales del T_{90} en latitudes y condiciones similares a las de las Islas Baleares (Grecia, sur de Francia), en horas de insolación, arrojan valores del orden de 1 – 1,5 horas. La

Instrucción indica, como valor de cálculo, 2 horas, que es más conservador, y es el valor que se adopta en este cálculo.

DATOS	
Ancho inicial de la pluma, A (m)	80
Espesor de la capa de mezcla, e (m)	1,07
Dilución inicial, S_n	65,2
Velocidad de la corriente, U_a (m/s)	0,20
Concentración E. coli en efluente, C_0 (UFC/100mL)	3.500.000
Tiempo autodepuración, T_{90} (horas)	2
Coordenadas Y, Z de los puntos de cálculo:	
Coordenada Y (m)	0
Coordenada Z (m)	0

CÁLCULO COEFICIENTES DE DISPERSIÓN	
Coeficiente de dispersión transversal, K_y (m^2/s)	0,010341286
Coeficiente de dispersión vertical, K_z (m^2/s)	0,000856

Distancia a la posición inicial del penacho X (m)	Profundidad fondo mar (m)	F_0	F_1	F_2	F_3	Concentración Escherichia coli C(X,0,0) (UFC/100 mL)
0	11,20	1,000	1,000	1,000	1,000	53.681
100	10,80	0,852	1,000	1,000	0,587	26.832
200	10,40	0,726	1,000	1,000	0,437	17.034
300	10,00	0,619	1,000	1,000	0,363	12.067
400	9,60	0,527	1,000	1,000	0,317	8.987
500	9,20	0,450	1,000	1,000	0,285	6.887
600	8,80	0,383	1,000	1,000	0,262	5.376
700	8,40	0,327	1,000	0,999	0,243	4.251
800	8,00	0,278	1,000	0,998	0,228	3.392
900	7,60	0,237	1,000	0,997	0,215	2.726
1000	7,20	0,202	1,000	0,995	0,204	2.202
1100	6,80	0,172	1,000	0,992	0,195	1.786
1200	6,40	0,147	1,000	0,989	0,187	1.454
1300	6,00	0,125	1,000	0,985	0,179	1.187
1400	5,60	0,107	1,000	0,981	0,179	1.006
1500	5,20	0,091	1,000	0,977	0,179	853
1600	4,80	0,077	1,000	0,972	0,179	723
1700	4,40	0,066	1,000	0,967	0,179	613
1800	4,00	0,056	1,000	0,962	0,179	520
1900	3,60	0,048	1,000	0,956	0,179	441
2000	3,20	0,041	1,000	0,951	0,179	373

2100	2,80	0,035	1,000	0,945	0,179	316
2200	2,40	0,030	1,000	0,939	0,179	268
2300	2,00	0,025	1,000	0,933	0,179	227
2400	1,60	0,022	1,000	0,927	0,179	192
2500	1,20	0,018	1,000	0,921	0,179	163

Los objetivos de calidad que se deben conseguir en las zonas de baño son:

Indicador	Calidad excelente	Calidad buena
Escherichia coli	< **250** UFC / 100 mL	< **500** UFC / 100 mL
Enterococos intestinales	< **100** UFC / 100 mL	< **200** UFC / 100 mL

Se observa que, en el conjunto desfavorable de hipótesis de cálculo consideradas, las fórmulas predicen, en la zona de baño de la playa de Alcúdia, una concentración de E. coli de 163 UFC/100 mL, lo que representa una calidad sanitaria "excelente". Hay que tener en cuenta que la mayor parte del tiempo no habrá una corriente de 0,20 m/s en dirección a la playa, pero aún en los momentos en los que se pueda dar esta situación, la distancia de la zona de vertido a la playa es suficiente para que la concentración de coliformes disminuya por debajo de los límites que definen la calidad excelente.

En lo que respecta a Cala Ponçet (Alcanada), si bien no está declarada oficialmente como zona de baño, la situación es diferente, ya que está a solo 1.000 m de la zona de vertido, distancia a la que podría haber una concentración de E. coli de 2.200 UFC/100 mL, en los momentos en los que una corriente de velocidad suficientemente alta (0,20 m/s) se dirigiera hacia allí.

Los vientos del sur generan corrientes superficiales en dirección a Alcanada, pero como se ha dicho anteriormente, para que haya una corriente de 0,20 m/s, hace falta un viento de fuerza 6 en la escala de Beaufort. En verano, un viento de esta fuerza o superior ocurre menos de un 2 % del tiempo. Es un viento desagradable y hace que el número de bañistas descienda prácticamente a cero. Por tanto, es interesante analizar el escenario más frecuente de una corriente de 0,10 m/s:

DATOS	
Ancho inicial de la pluma, A (m)	80
Espesor de la capa de mezcla, e (m)	1,07
Dilución inicial, S_n	65,2
Velocidad de la corriente, U_a (m/s)	0,10
Concentración E. coli en efluente, C_0 (UFC/100mL)	3.500.000
Tiempo autodepuración, T_{90} (horas)	2
Coordenadas Y, Z de los puntos de cálculo:	
Coordenada Y (m)	0
Coordenada Z (m)	0

CÁLCULO COEFICIENTES DE DISPERSIÓN	
Coeficiente de dispersión transversal, K_y (m^2/s)	0,010341286
Coeficiente de dispersión vertical, K_z (m^2/s)	0,000428

Distancia a la posición inicial del penacho X (m)	Profundidad fondo mar (m)	F_0	F_1	F_2	F_3	Concentración Escherichia coli C(X,0,0) (UFC/100 mL)
0	11,20	1,000	1,000	1,000	1,000	53.681
100	10,20	0,726	1,000	1,000	0,587	22.867
200	9,20	0,527	1,000	1,000	0,437	12.372
300	8,20	0,383	1,000	1,000	0,363	7.467
400	7,20	0,278	1,000	0,998	0,317	4.732
500	6,20	0,202	1,000	0,995	0,285	3.080
600	5,20	0,147	1,000	0,989	0,262	2.038
700	4,20	0,107	1,000	0,981	0,246	1.382
800	3,20	0,077	1,000	0,972	0,246	994
900	2,20	0,056	1,000	0,962	0,246	714
1000	1,20	0,041	1,000	0,951	0,246	513

En este caso, en Cala Ponçet la concentración de Escherichia coli sería de 513 UFC/100 mL, lo que corresponde a una calidad sanitaria del agua ligeramente inferior a la "buena".

En vista de estos resultados, se considera conveniente controlar, mediante analíticas frecuentes, las características microbiológicas del efluente y proceder a desinfectarlo en la temporada de baño (sin que sea necesaria una desinfección total, pero sí reducir las concentraciones de microorganismos en varios órdenes de magnitud).

3. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

Se redacta este programa de acuerdo con la "Instrucción para el proyecto de conducciones de vertidos de tierra al mar", aprobada por Orden del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, de 13 de julio de 1993, y con el documento "*Pla de vigilància i control de l'abocament a la mar per emissari submarí procedent d'una EDAR*", del Servei de Costes i Litoral (Direcció General d'Ordenació del Territori. Conselleria de Territori, Energi i Mobilitat) del Govern de les Illes Balears.

El programa que aquí se presenta puede también servir, a medida que se ejecute, como instrumento parcial para el seguimiento y evaluación de la masa o masas de agua potencialmente afectadas por el emisario, masas que están sujetas a impactos de varios tipos diferentes al vertido del emisario. Según la zonificación de las masas de agua costeras de Mallorca (del *Pla Hidrològic de les Illes Balears*), cuyos mapas se presentan en las páginas siguientes, el emisario está, junto con el puerto de Alcúdia, dentro de la "Masa de agua muy modificada MAMCM02", aunque prácticamente adyacente a la "Masa de agua de tipo costera somera sedimentaria MAMC07M3". Otras masas cercanas son la "Masa de agua de tipo costera profunda rocosa MAMC06M2" y la "Masa de agua de tipo costera muy profunda MAMCp02"

Obviamente, estas masas de agua abarcan unas áreas mucho más amplias que la zona de influencia del emisario. Su vigilancia ambiental corresponde a la Administración Autonómica, debiéndose tener en cuenta, entre otros, el "Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental".

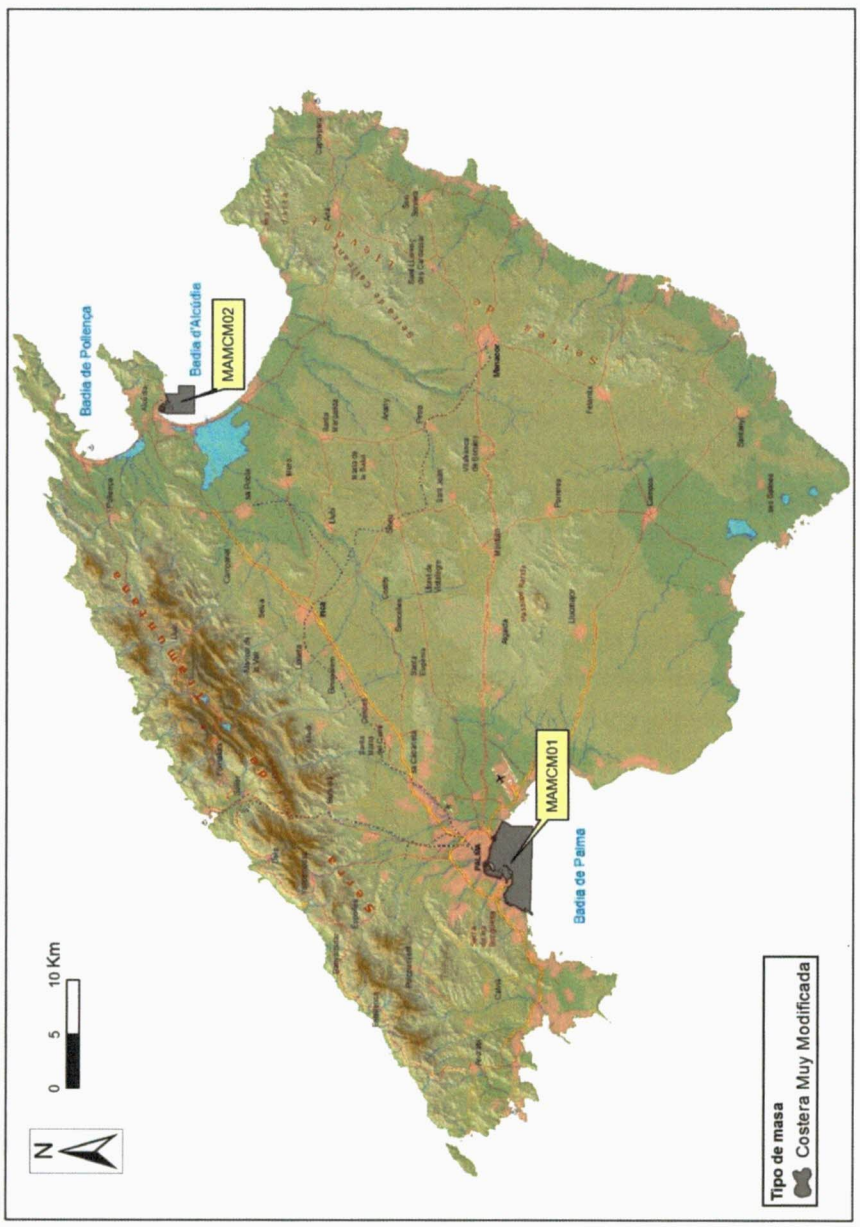
Por otra parte, el emisario está dentro del LIC "ES5310005 Badies de Pollença i Alcúdia", perteneciente a la Red Natura 2000.

El vertido también puede potencialmente afectar a la zona sensible por riesgo de eutrofización situada entre el puerto de Alcúdia y la gola de s'Estany Gran, y a las zonas de baño de la bahía de Alcúdia (Decreto 49/2003, de 9 de mayo, por el que se declaran las zonas sensibles en las Illes Balears).

La construcción de las obras e instalaciones definidas en el "Proyecto reformado de ampliación de la EDAR de Alcúdia" permitirá un tratamiento correcto de todas las aguas residuales del municipio. De acuerdo con los requisitos normativos, el proyecto establece los tratamientos necesarios para conseguir que en el efluente no se superen los siguientes límites de contaminación:

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN MÁXIMA (mg/L)
DBO_5	25
DQO	125
Sólidos en suspensión	35
Nitrógeno total	15
Fósforo total	2

MAPA 6 B. MASAS DE AGUA TIPO COSTERA MUY MODIFICADAS. MALLORCA.



15

MAPA 4 A. MASAS DE AGUA COSTERA. MALLORCA.

8

3.2 CLASIFICACIÓN DEL EMISARIO DE LA EDAR DE ALCÚDIA

A efectos de establecer las frecuencias de tomas de muestras y analíticas, la Instrucción clasifica a los emisarios en 3 categorías. Los que dan servicio a aglomeraciones urbanas de menos de 10.000 habitantes equivalentes son de categoría I; los que dan servicio a aglomeraciones de 10.000 a 50.000 habitantes equivalentes son de categoría II; los que dan servicio a aglomeraciones de más de 50.000 habitantes equivalentes son de categoría III.

Alcúdia tiene empadronados a algo más de 20.000 habitantes. Sin embargo, en pleno verano la afluencia turística hace que la población total sea de unos 80.000 habitantes. La estimación del techo poblacional futuro, considerando viviendas y plazas turísticas de todo tipo, es de 86.346 habitantes. Considerando los índices de contaminación de las aguas residuales de Alcúdia, esto corresponde a 94.178 habitantes equivalentes, que es la población equivalente para la que se ha diseñado la ampliación de la EDAR.

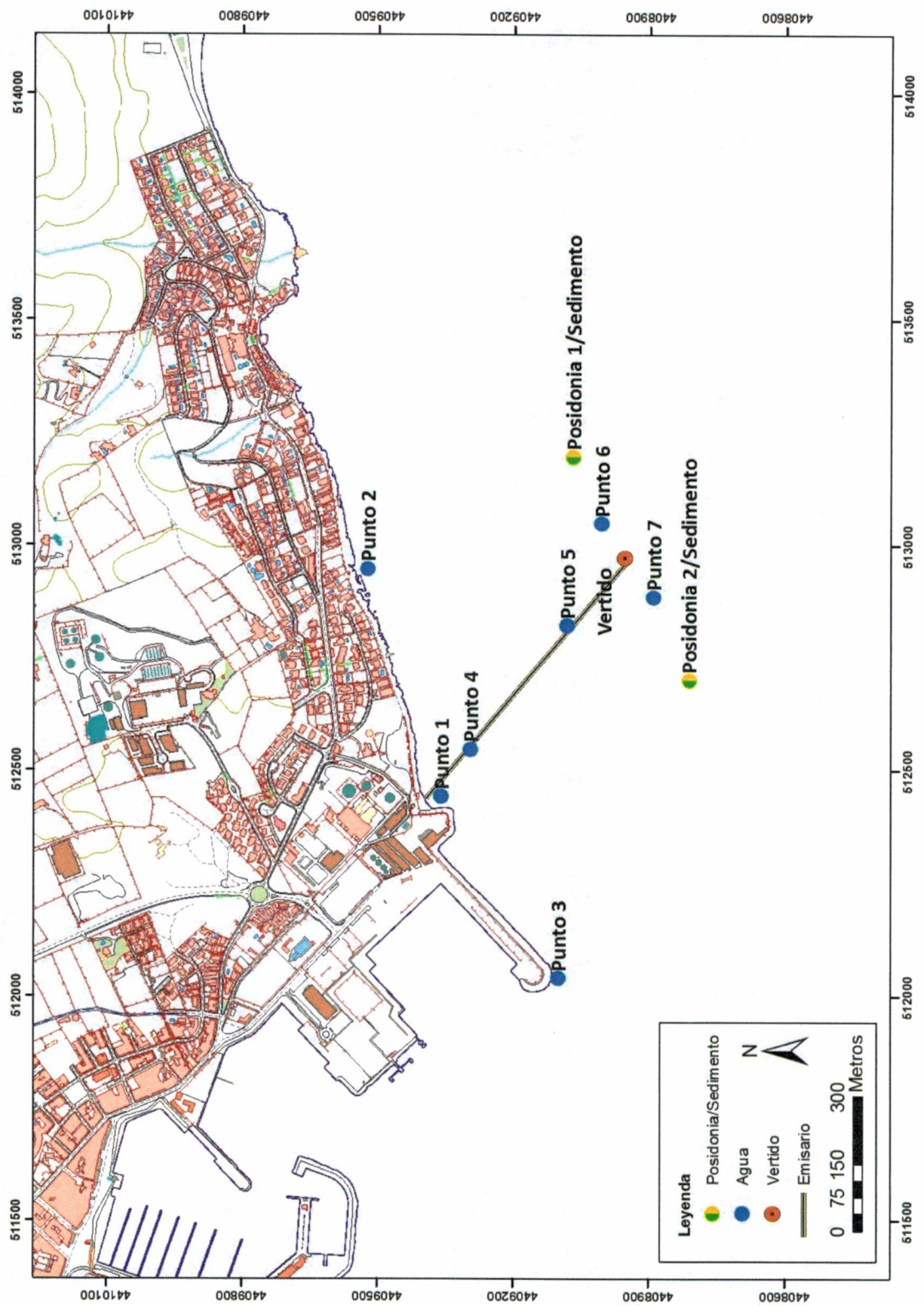
Podríamos decir que en la temporada baja turística el emisario es de categoría II y en la alta de categoría III. Al no estar prevista esta disociación en la normativa, se considera que el emisario es de categoría III.

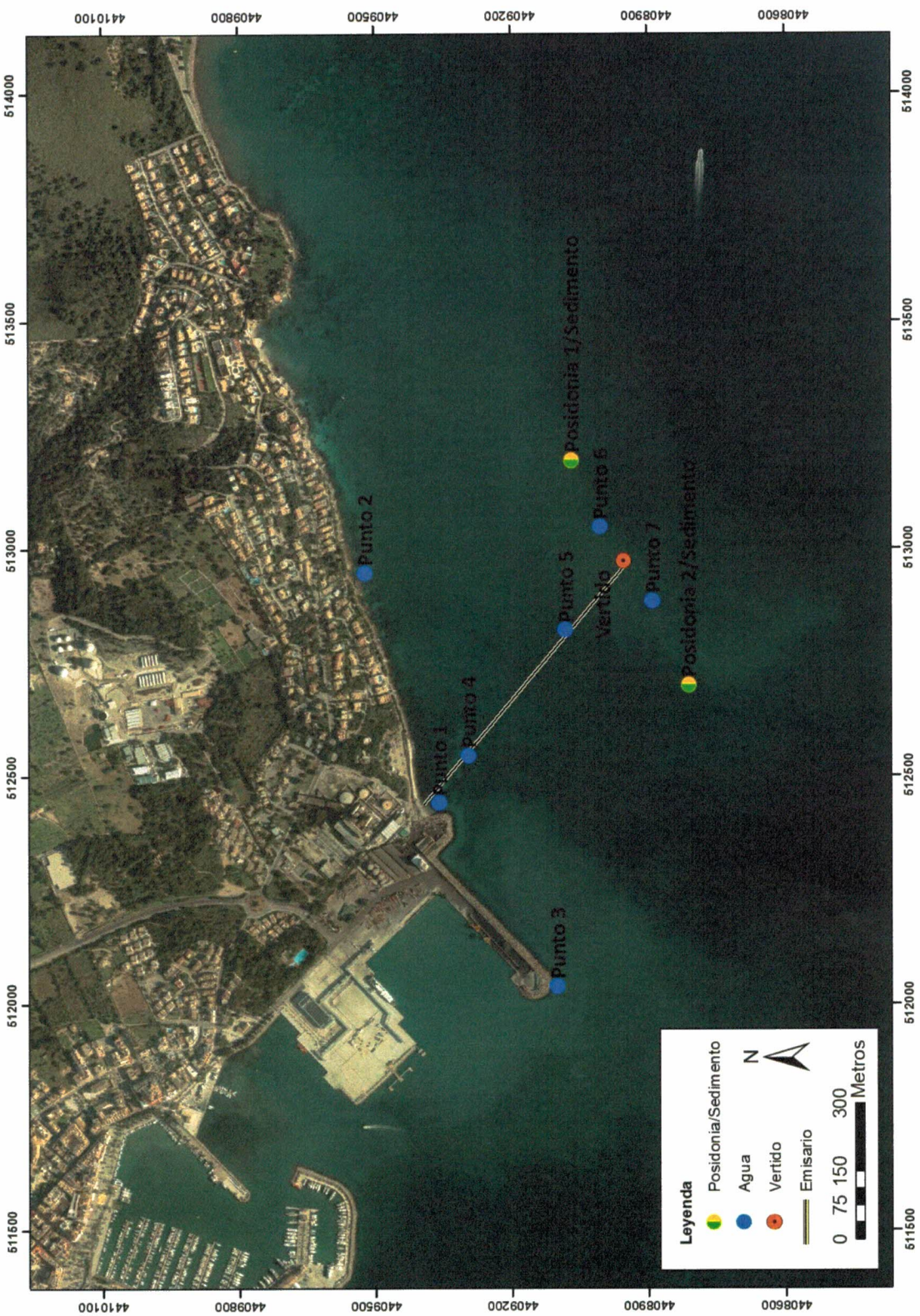
3.3 PUNTOS DE MUESTREO

De acuerdo con las informaciones de CBBA, después de los reconocimientos "in situ", se ha considerado que, en el caso de este emisario, los puntos de muestreo más representativos son los que se señalan en las páginas siguientes (plano y ortofoto facilitados por CBBA).

El punto 1 está en el arranque del emisario. El punto 2 está a 500 m del anterior. El punto 3, al final del dique del puerto. El punto 4 está a 150 m del 1. El punto 5 está a 200 m del punto de vertido. Los puntos 6 y 7 están a 100 m del punto de vertido, en una línea paralela a la costa. Los puntos Posidonia 1 y 2 están a 300 m del punto de vertido, en una línea paralela a la costa.

Si bien los sedimentos se suelen extraer en los puntos 6 y 7, en este caso la draga no lograba extraer muestras adecuadas de sedimento en estos puntos, por lo que la extracción de muestras se trasladó al entorno de los puntos Posidonia 1 y 2, donde se hizo previa inmersión.


Posidonia 1/Sedimento
Punto 6
Punto 7
Posidonia 2/Sedimento
Punto 5
Vertido
Punto 2
Punto 4
Punto 1
Punto 3
Leyenda
Posidonia/Sedimento
Agua
Vertido
Emisario
N
0 75 150 300
Metros
514000
513500
513000
512500
512000
511500
4410100
4409800
4409500
4409200
4408900
4408600


Punto 1
Punto 2
Punto 3
Punto 4
Punto 5
Vertido
Punto 6
Punto 7
Posidonia 1/Sedimento
Posidonia 2/Sedimento
Leyenda
Posidonia/Sedimento
Agua
Vertido
Emisario
N
0 75 150 300
Metros
514000
513500
513000
512500
512000
511500
441010
440980
440950
440920
440890
440860

3.4 PROGRAMA PERIODIFICADO POR MESES

El programa consiste en las siguientes acciones:

a) recoger muestras del efluente de la EDAR, del agua de mar y de los sedimentos del fondo del mar, y analizarlas
b) hacer reconocimientos del emisario y de las comunidades existentes, describiéndolas y cartografiándolas
c) evaluar los resultados obtenidos

La periodicidad de las acciones a lo largo del año será la siguiente:

MES	TOMA DE MUESTRAS Y ANALÍTICAS			RECONOCIMIENTOS
	Efluente EDAR	Agua del mar	Sedimentos	
1	2 simplificadas			
2	2 simplificadas	Subsuperficial (puntos 1, 2, 3, 5, 6 y 7)		
3	1 simplificada y 1 completa			
4	2 simplificadas			
5	2 simplificadas			
6	1 simplificada y 1 completa	a. Subsuperficial (puntos 1, 2, 3, 5, 6 y 7) b. Profunda (puntos 5, 6 y 7) c. Recuento de fitoplancton (puntos 1 y 4)		Cartografía comunidades bentónicas entre puntos 2 y 3 (cada 3 años)
7	2 simplificadas			
8	1 simplificada y 1 completa	a. Subsuperficial (puntos 1, 2, 3, 5, 6 y 7) b. Profunda (puntos 5, 6 y 7) c. Recuento de fitoplancton (puntos 1 y 4)	Muestras integradas de 5 simples (puntos 1, y entornos Posidonia 1 y 2)	Inspección anual emisario
9	2 simplificadas			
10	1 simplificada y 1 completa	Subsuperficial (puntos 1, 2, 3, 5, 6 y 7)		a. Cartografía posidonia (cada 6 años) b. Control anual c. Seguimiento anual
11	2 simplificadas			
12	2 simplificadas			

3.5 ANALÍTICAS

3.5.1 Del efluente de la EDAR

Las muestras serán compuestas de 24 horas, a partir de un mínimo de 6 muestras simples.

Las analíticas simplificadas comprenderán la determinación de los siguientes parámetros básicos:

- Parámetros básicos: pH, Conductividad, DBO_5, DQO, Sólidos en suspensión, Turbidez, Nitrógeno total, Fósforo total, Microorganismos (E. coli y Enterococos intestinales).

Las analíticas completas comprenderán la determinación de los parámetros anteriores, más los siguientes:

- Parámetros fisicoquímicos: Temperatura, Potencial Redox, Oxígeno disuelto, Amonio, Nitritos, Nitratos, Silicatos.
- Metales pesados: Arsénico, Mercurio, Plomo, Cobre, Aluminio, Zinc, Cadmio, Selenio, Cromo, Níquel.
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos: Benzopireno, Benzofluoranteno, Benzoperileno, Naftaleno, Antraceno, Fluoranteno, Indenopireno.
- Biocidas: Atrazina, Simazina, Terbutilazina, Trifluralina, Endosulfano.
- Compuestos orgánicos volátiles: Benceno, Tolueno, Xileno, Etilbenceno, Tricloroetano, Tributilestaño.

Los hidrocarburos policíclicos aromáticos, biocidas y compuestos orgánicos volátiles que no se encuentren en ninguna muestra del primer año, se determinarán a partir de entonces solo con frecuencia anual.

Además, se informará del caudal mensual de agua vertida por el emisario.

3.5.2 Del agua del mar

a. Las muestras de agua subsuperficial se recogerán a 30 cm de profundidad. Se analizarán los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Salinidad, Turbidez, Saturación de oxígeno, Transparencia (disco de Secchi, in situ), Oxígeno disuelto, Nutrientes (Nitrógeno total, Nitritos, Nitratos, Amonio, Fósforo total, fosfatos y silicatos), Clorofila "a" y Microorganismos (E. coli y Enterococos intestinales).
b. Las muestras de agua profunda se recogerán a 1 m del fondo. Se analizarán los siguientes parámetros: Temperatura, Salinidad, Oxígeno disuelto, Sólidos en suspensión, Nutrientes (Nitrógeno total, Nitritos, Nitratos, Amonio, Fósforo total, fosfatos y silicatos), Clorofila "a" y Microorganismos (E. coli y Enterococos intestinales).
c. Recuentos de fitoplancton: cada recuento se hará en 2 muestras de cada punto.

Además, los días en que se recojan las muestras de agua de mar se anotarán los datos representativos de las condiciones oceanográficas y meteorológicas de la zona en el momento del muestreo (como mínimo, observaciones visuales de viento, oleaje, corriente, y, si es el caso, lluvia).

3.5.3 De los sedimentos del fondo del mar

Las muestras se recogerán con una draga Van Veen con una superficie operativa de mordida de 600 cm^2.

Se recogerán 5 muestras simples en torno a cada punto, con las que se formará una muestra integrada en la que se analizarán los siguientes parámetros: Granulometría, Metales pesados (As, Hg, Pb, Cu, Al, Zn, Cd, Se, Cr y Ni), Nitrógeno total, Fósforo total, Materia Orgánica.

Además, se separarán e identificarán los organismos bentónicos encontrados en la muestra, a nivel de especie, o, si no es posible, a nivel de género.

3.6 RECONOCIMIENTOS

3.6.1 Vigilancia de las comunidades bentónicas del supralitoral

Se realizará la cartografía de las comunidades bentónicas de la franja litoral (mediolitoral-infralitoral superior) entre los puntos 2 y 3, con la metodología CARLIT, describiendo las comunidades presentes sobre el sustrato rocoso y las principales especies que la constituyen. Se hará una cartografía inicial y, posteriormente, una cada 3 años. Los reconocimientos se han de hacer entre los meses de junio y agosto. A partir de los datos obtenidos en esta cartografía se calculará un índice de calidad ecológica relativa, EQR ("*ecological quality ratio*").

3.6.2 Vigilancia de la pradera de posidonia

a- Cartografía de la Posidonia: Se realizará una cartografía de la pradera susceptible de ser afectada según las plumas de dilución. Se delimitarán las áreas de ocupación de la pradera, y se describirán las densidades de ocupación y los diferentes sustratos de la zona de influencia (arenas, lodos, rocas, algas fotófilas, etc). Se hará una cartografía inicial y, posteriormente, una cada 6 años. Los reconocimientos y controles de la posidonia se han de hacer en el mes de octubre.

b.- Control de la pradera de Posidonia: en los puntos "Posidonia 1 y 2" se recogerá información a estudiar según la metodología POMI (Romero et al. 2005) realizándose mediciones de:

i. cobertura de pradera, por el método del intercepto lineal o con marcos de 50x50 cm, sobre una superficie de 400 m^2 y 27 réplicas al azar, asignando un índice semicuantitativo de cobertura entre 0, 10, 25, 50, 75 o 100%.
ii. Densidad de haces por m^2: 12 réplicas sobre una superficie de 400 m^2.
iii. Porcentaje de hojas necrosadas, 5 haces expresando el resultado en porcentaje de hojas con necrosis, respecto al total de hojas de un haz.
iv. Cobertura porcentual de epífitos, 45 réplicas de hojas.
v. Dominancia del tipo de rizoma, 12 réplicas, las mismas utilizadas para calcular la densidad.

c.- Seguimiento de la evolución de la pradera de Posidonia: se controlará el límite más cercano de la pradera al punto de vertido para observar su evolución, utilizando marcadores fijos a lo largo de 200 metros de su perímetro.

3.6.3 Inspección anual del emisario

Se vigilará el correcto estado estructural del emisario mediante la inspección de toda la longitud del tramo sumergido de la conducción y de sus principales elementos por buceadores o instrumental sumergible. La inspección se realizará en un día y horas de caudal máximo o cercano al máximo, observando y fotografiando o filmando el estado de la tubería, los lastres, los tornillos o elementos de sujeción de los lastres, los difusores, la existencia o no de grietas o fugas. Se informará de cualquier anomalía, a efectos de adoptar las medidas preventivas o correctivas necesarias para asegurar la integridad estructural y el correcto funcionamiento de la instalación.

3.7 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los parámetros que tengan una base legal se evaluarán según la normativa de aplicación, prestando especial atención cuando se trata de objetivos de calidad del efluente o de la masa receptora.

La interpretación de los otros parámetros se realizará comparando valores obtenidos a lo largo del espacio y del tiempo, teniendo en cuenta factores como la dilución, la dispersión, la dirección en que las plumas se dispersan, la aparición de temporales y otros fenómenos meteorológicos, etc, con el fin de obtener un seguimiento fiable del comportamiento del vertido y de sus efectos ambientales.

El propio programa se deberá revisar cada 6 años, como mínimo, modificándolo o completándolo en lo que sea necesario para contribuir mejor a una adecuada vigilancia ambiental de la zona y para adaptarlo a las medidas que se adopten como consecuencia de la aplicación del "Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental". En particular, según el artículo 26 de este Real Decreto, la Administración Autonómica podrá establecer zonas de mezcla adyacentes a los puntos de vertido, dentro de las cuales una o más sustancias contaminantes podrán superar los límites de las Normas de Calidad Ambiental, siempre que el resto de la masa de agua superficial siga cumpliendo dichas normas.

Los resultados de este Programa de Vigilancia y Control se recogerán en un informe anual, firmado por un representante autorizado del Ayuntamiento de Alcúdia y por un profesional competente en la materia, y se remitirá a los Departamentos competentes de la Administración Autonómica.

Alcúdia, 18 de marzo de 2016

Jose M. Montojo

Fdo: José Mª Montojo

I.C.C.P., colegiado 6.640