



ANEJO 12. ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL.....	3
3. BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LINEA DE COSTA.....	10
3.1 BALANCE SEDIMENTARIO	10
3.2 EVOLUCIÓN DE LA LINEA DE COSTA	10
4. BATIMETRÍA	14
5. GEOLOGÍA DEL TRAMO SUBMARINO.....	15
6. CONDICIONES DE BIOSFERA SUBMARINA.....	15
6.1 TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR	22
6.2 SALINIDAD DEL AGUA DE MAR.....	24
6.3 CONDUCTIVIDAD.....	25
6.4 DENSIDAD DE LAS CAPAS DE AGUA DE MAR	26
6.5 OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DE MAR	27
6.6 IRRADIANCIA EN LA COLUMNA DE AGUA	28
6.7 FLUORESCENCIA EN LA COLUMNA DE AGUA.....	29
6.8 TURBIDEZ.....	31
6.9 PRESIÓN	32
6.10 PERFILES VERTICALES PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AGUA DE MAR.....	33
7. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS. PREVISIÓN DE DRAGADOS Y TRASVASE DE ARENAS	34
8. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS.....	35
8.1 VIGILANCIA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL	35
8.2 VIGILANCIA AMBIENTAL	37
8.2.1 Control de efluente	37



8.2.2 Control de las aguas receptoras.....	40
Ph.....	41
8.2.3 CONTROL DEL SEDIMENTO Y ORGANISMOS.....	43
8.3 PRESUPUESTO ANUAL PLAN VIGILANCIA Y CONTROL	44
9. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y MEDIDAS CORRECTORAS	46
9.1 ATMÓSFERA	47
9.2 SUELO	47
9.3 RUIDO	47
9.4 PAISAJE.....	47
9.5 MEDIO MARINO	48
9.5.1 Presencia de microorganismos	48
9.5.2 Riesgo de eutrofización del medio receptor	48
9.5.3 Presencia de sólidos en suspensión	48
9.6 SOCIOECONOMÍA	48
10. CLIMA MARÍTIMO	49
10.1 INTRODUCCIÓN	49
10.2 ZONIFICACIÓN DEL LITORAL ESPAÑOL EN LA ROM 0.3-91.....	49
10.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	50
10.4 ROSAS DEL OLEAJE	50
10.5 REGIMEN DE OLEAJE	54
10.6 REGIMEN DE TEMPORALES	64
10.7 CONCLUSIONES.....	65
10.7.1 Determinación de parámetros para el cálculo estructural.....	65
10.7.2 Altura de ola significativa	67

ANEJO 12. ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA LITORAL

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este Anejo es la determinación de los siguientes aspectos:

- Capacidad de transporte litoral
- Balance sedimentario y evolución de la línea de costa
- Clima marítimo
- Batimetría hasta zonas de fondo que no resulten afectadas.
- Naturaleza geológica de los fondos
- Condiciones de la biosfera submarina
- Recursos disponibles de áridos y canteras.
- Plan de seguimiento de las actuaciones previstas
- Propuesta para la minimización de la incidencia de las obras y medidas correctoras y compensatorias.

2. CAPACIDAD DE TRANSPORTE LITORAL

Existen numerosas expresiones en la literatura para estimar el transporte de sedimentos, la mayoría de ellas derivadas empíricamente. En este módulo se han introducido algunas expresiones de transporte de sedimentos, para poder comparar sus propias capacidades y para tener la posibilidad de seleccionar las más adecuadas en cada caso (es decir, para el caso de las corrientes “solas” o corrientes en presencia de oleaje; para predecir sólo el transporte en suspensión, arrastre de fondo o el total de sedimentos).

Las formulaciones implementadas en este código numérico para el cálculo del transporte para el caso de corrientes son las de Meyer Peter & Mueller (1948), Karim & Kennedy (1990), Engelund & Hansen (1976), Fredsoe (1978) y van Rijn (1984). Esta última ha sido ampliamente utilizada en la estimación de las tasas volumétricas de transporte por unidad de anchura unitaria (m / s^2) para el transporte por fondo (q_b), el transporte en suspensión (q_s) y el transporte total (q_t):

$$q_h = 0.005Uh \left(\frac{U - U_{cr}}{\sqrt{(s-1)gd_{50}}} \right) \cdot \left(\frac{d_{50}}{h} \right)^{1.2}$$

$$q_s = 0.012Uh \left(\frac{U - U_{cr}}{\sqrt{(s-1)gd_{50}}} \right) \cdot \left(\frac{d_{50}}{h} \right) \cdot \left(\frac{1}{D_*} \right)^{0.6}$$

$$Q_t = q_t + q_s$$



Donde U (m/s) es la velocidad del flujo, U_{cr} (m/s) es la velocidad umbral de inicio de sedimento, h (m) es la profundidad del agua, g (m²/s) es la aceleración debida a la gravedad, d_{50} es la mediana del diámetro del grano, $s = \rho_s / \rho$ es la densidad adimensional y D un diámetro adimensional del sedimento, que se expresa como :

$$D_* = d_{50} \left(\frac{(s-1) \cdot g}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

Donde ν (m²/s) es la viscosidad cinemática del agua.

La velocidad umbral se calcula a partir de las siguientes expresiones (Van Rijn, 1984)

$$U_{cr} = 0.19 d_{50}^{0.1} \log\left(\frac{12h}{3d_{90}}\right) \forall 0.0001 \leq d_{50} \leq 0.0005$$

$$U_{cr} = 8.50 d_{50}^{0.6} \log\left(\frac{12h}{3d_{90}}\right) \forall 0.0005 \leq d_{50} \leq 0.0020$$

Donde d_{90} es el diámetro excedido por el 10% (peso) de la muestra, es decir, el percentil 90.

A continuación se exponen los datos necesarios para aplicar esta formulación al caso de

- Para estimar la velocidad U (m/sg) de la corriente, se dispone de los datos muestreados en la campaña oceanográfica, en las estaciones CTD. Consultando los valores obtenidos, en el correspondiente Anejo 14 Parámetros oceanográficos, puede considerarse como valor para la velocidad, y estimar así el transporte de sedimentos, la velocidad medida en el punto de vertido actual, que resulta ser 0.21 m/sg.
- Como valor de la aceleración de la gravedad, se toma la constante de gravitación universal, establecida en 9,81 m/sg².
- La densidad del sedimento se establece en 2.65 g/cm³



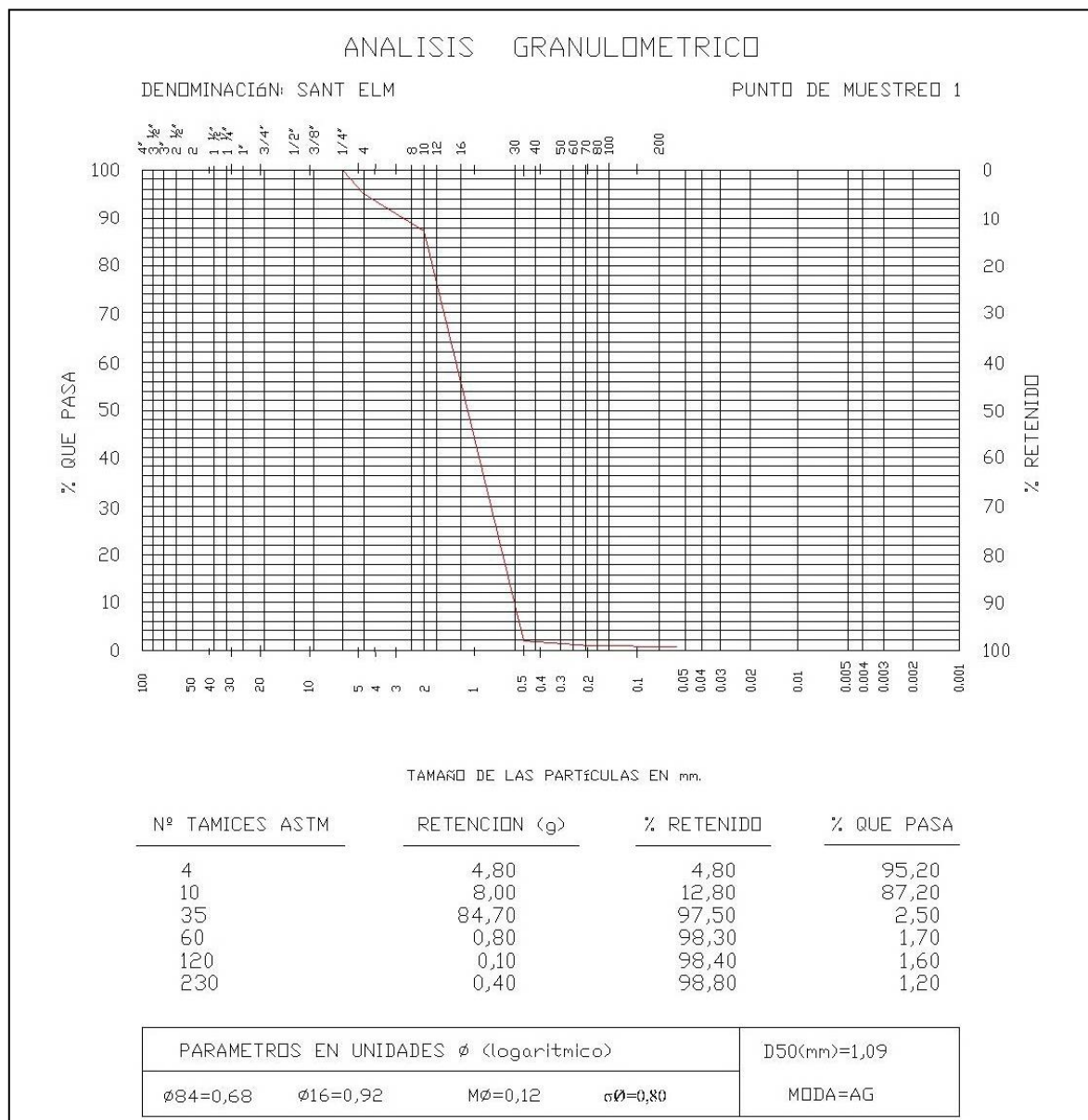
Se detallan los puntos de muestras tomadas, así como los resultados obtenidos del análisis del sedimento:

PUNTO DE MUESTREO	MODA	DESCRIPCIÓN
MUESTRA - 1	AG	Arena Bioclástica
MUESTRA - 2	-	Algas
MUESTRA - 3	AG	Arena Bioclástica
MUESTRA - 4	AG	Arena gruesa con bastante arena media – fina
MUESTRA - 5	AG	Arena Bioclástica
MUESTRA - 6	-	Algas
MUESTRA - 7	-	Algas
MUESTRA - 8	AG	Arena Bioclástica
MUESTRA - 9	-	Algas
MUESTRA - 10	-	Algas
MUESTRA - 11	-	Algas
MUESTRA - 12	AG	Arena Bioclástica
MUESTRA - 13	AG	Arena Bioclástica
MUESTRA - 14	AF	Arena fina con bastante arena gruesa y algo de arena media



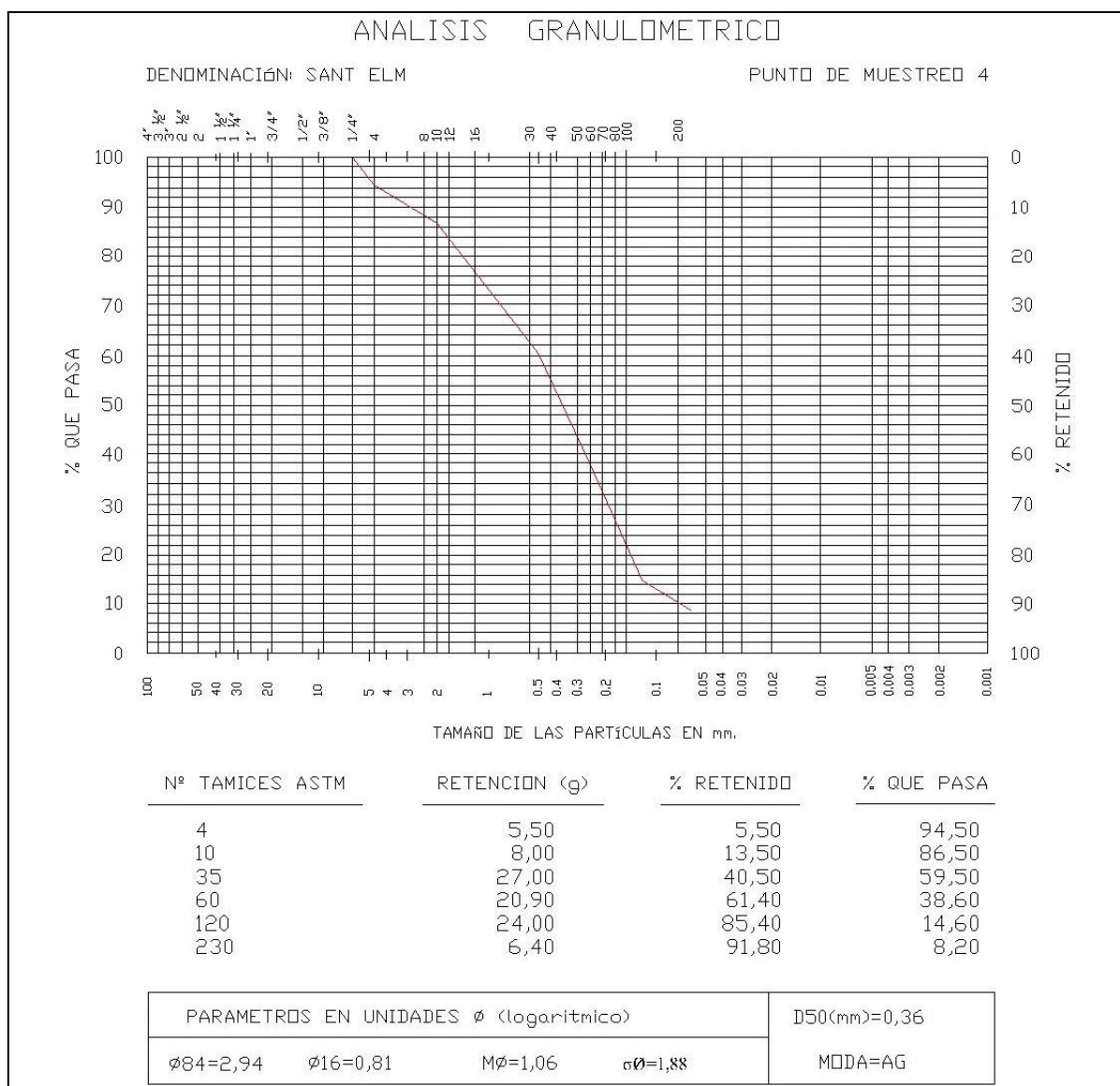
PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

Véanse a continuación las curvas granulométricas representativas de los puntos de muestreo tomados para la caracterización del sedimento:

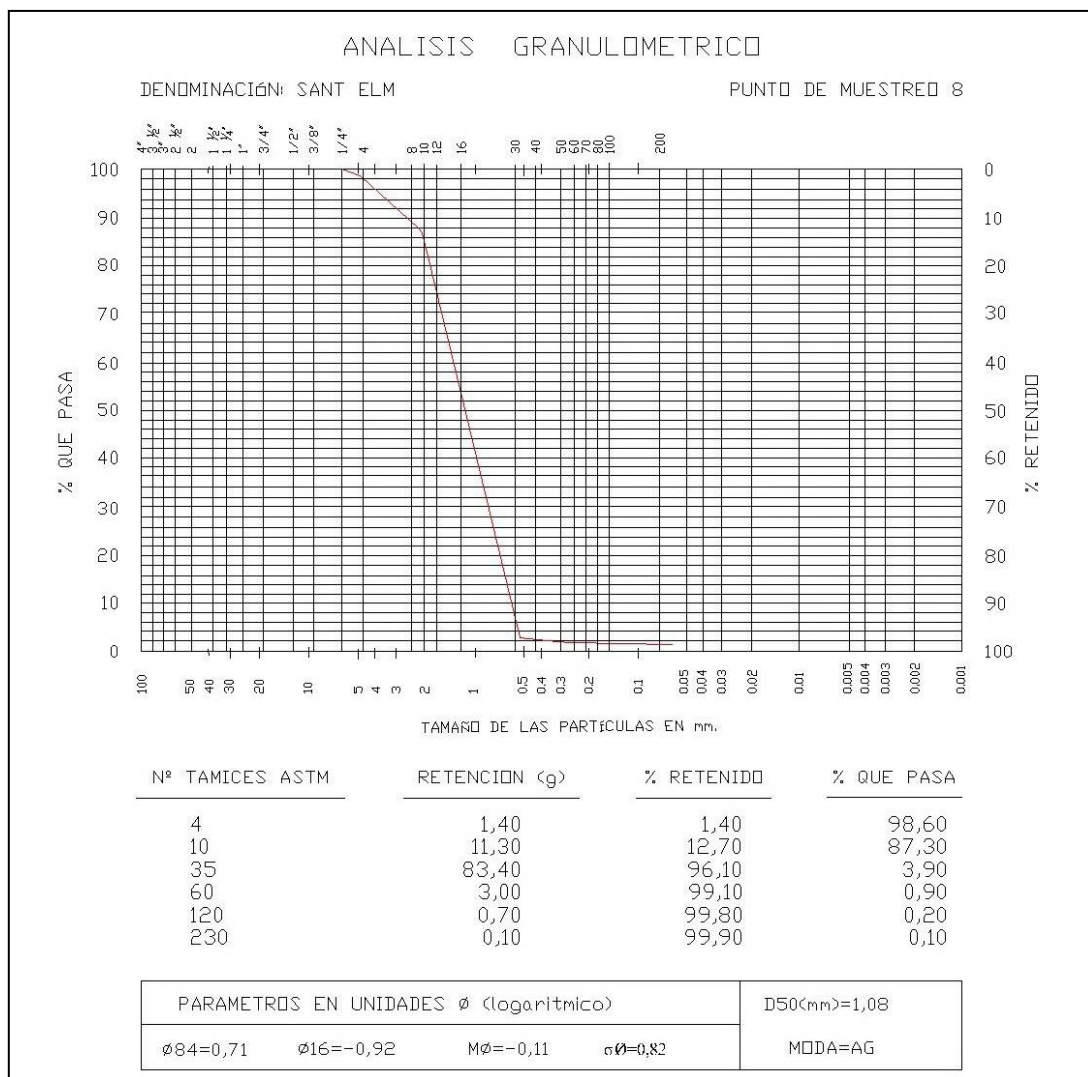




PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM



- La densidad del agua de mar se toma también de las mediciones realizadas en la campaña oceanográfica, en las estaciones CTD. De esta forma, se establece en 1026 Kg/m³
- h: es, como ya se ha dicho, el valor de la lámina de agua. En la tabla de cálculo de la capacidad de transporte litoral, se adjuntan las profundidades de estudio, correspondientes a cada una de las muestras evaluadas.
- d₅₀ y d₉₀ se obtienen también de la curva granulométrica del análisis realizado durante la campaña oceanográfica. Los valores de éstos para cada una de las muestras pueden apreciarse en la tabla adjunta para el cálculo de los transportes.
- ν es el valor de la viscosidad cinemática del agua, establecida en 0.01 Stokes.
- Aplicando el modelo, se adjuntan a continuación los resultados obtenidos para cada una de las muestras tomadas.

PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
 VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

MODELO DE VAN RIJN				MUESTRA 1	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 8
	U	Velocidad del flujo en m/sg	U	0,21	0,21	0,21	0,21
	ρs	Densidad del sedimento	ρs	2650	2650	2650	2650
	ρ	Densidad del fluido	ρ	1025,5	1025,5	1025,5	1025,5
	s	Densidad adimensional específica del sedimento	s	2,584105314	2,584105314	2,584105314	2,58410531
	d50	Mediana del diámetro del grano (m)	d50	0,00109	0,00036	0,00084	0,00108
	d90	Diámetro excedido por el 10% de la muestra (m)	d90	0,0045	0,0035	0,0048	0,0053
	h	Espesor de la lámina de agua	h	25	20	10	31
	Ucr	Velocidad umbral de inicio del sedimento	Ucr	0,616656385	0,318118907	0,366908942	0,41926877
	D*	Diámetro adimensional del sedimento	D*	0,058601786	0,019354718	0,045161009	0,05806415
	qb	Transporte por fondo	qb	No existe	No existe	No existe	No existe
	qs	Transporte en suspensión	qs	No existe	No existe	No existe	No existe
	qt	Transporte total	qt	No hay	No hay	No hay	No hay

3. BALANCE SEDIMENTARIO Y EVOLUCIÓN DE LA LINEA DE COSTA

3.1 BALANCE SEDIMENTARIO

La capacidad de transporte litoral, es, en Sant Elm, nula, tal y como se concluye del epígrafe anterior, pues el modelo ha evaluado que no existe transporte, al ser la velocidad de la corriente inferior a la velocidad umbral de transporte de sedimentos.

3.2 EVOLUCIÓN DE LA LINEA DE COSTA

En este epígrafe se va a estudiar la evolución de la línea de costa que ha sufrido Sant Elm.

La digitalización y montaje de fotografías aéreas, constituye una de las metodologías más fiables para determinar cuál ha sido la evolución histórica de una zona costera, ya que, por lo general, constituye la única fuente histórica de información.

A pesar de ello, debido a que las escalas de las fotografías de distintos años son muy diferentes, la composición digital precisa gran habilidad para evitar que los errores de estimación sean de orden inferior a las variaciones de la variable de interés, en nuestro caso, la línea de orilla. Se ha de tener en cuenta, dentro del proceso de montaje y digitalización realizado, los errores inherentes a la percepción visual. Lógicamente éstos se han de transformar a las escalas con las que se trabaja.

Otros errores a tener en cuenta son los debidos a las variaciones de los niveles de marea, al "run-up" y "run-down", así como los asociados al propio proceso montaje y solape de las fotografías (error de percepción lineal y angular). Se ha estimado que el error total cometido en la determinación visual de la línea de orilla es del orden de 1-2 mm, asumiendo, por lo tanto, desviaciones de ± 20 m, debidas a la transformación a escala real, para definir la banda de error cometido en la estimación la línea de orilla de las imágenes digitalizadas.

La digitalización de la línea de orilla de las diversas fotografías, que se puede observar a continuación, se realizó a partir del nivel máximo de marea, observado en el conjunto de fotografías en el límite de playa seca. Dicha metodología evita un error asociado a la variación del nivel de marea.

En este apartado del anejo se va a describir la evolución histórica sufrida por la línea de costa del municipio Sant Elm (Mallorca), haciendo un especial énfasis en la determinación de la dinámica litoral que subyace tras dicha evolución. Esta descripción va a ser documentada con diversas fotografías aéreas históricas que ilustrarán los diversos fenómenos observados.

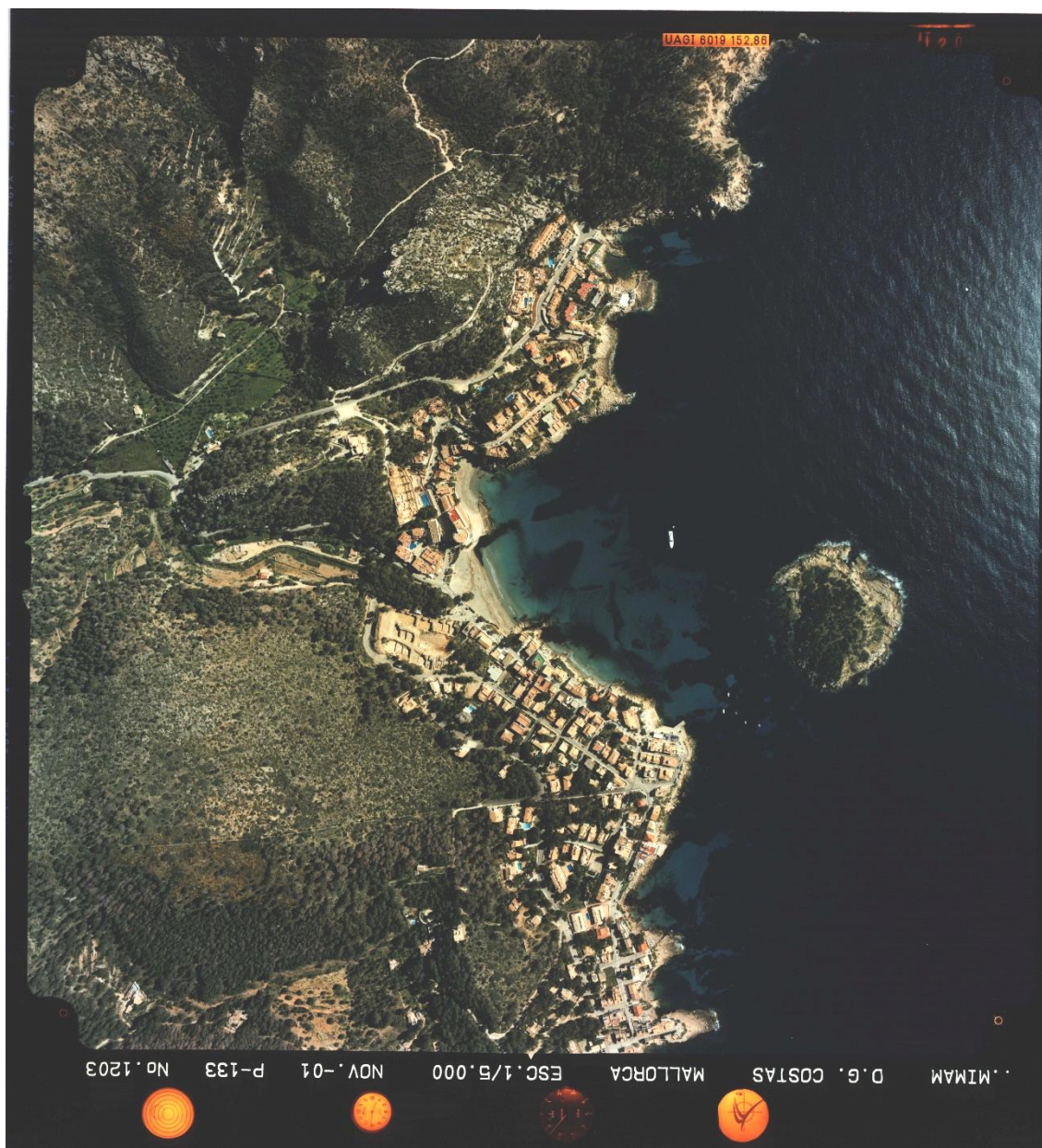


PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

Las fotografías aéreas que a continuación se adjuntan han sido facilitadas por la Dirección General de Costas:



Fotografía 1 Vuelo año 1.991 Sant Elm P-86bis nº:8632



Fotografía 2 Vuelo año 2.001 Sant Elm P-133 nº:1203

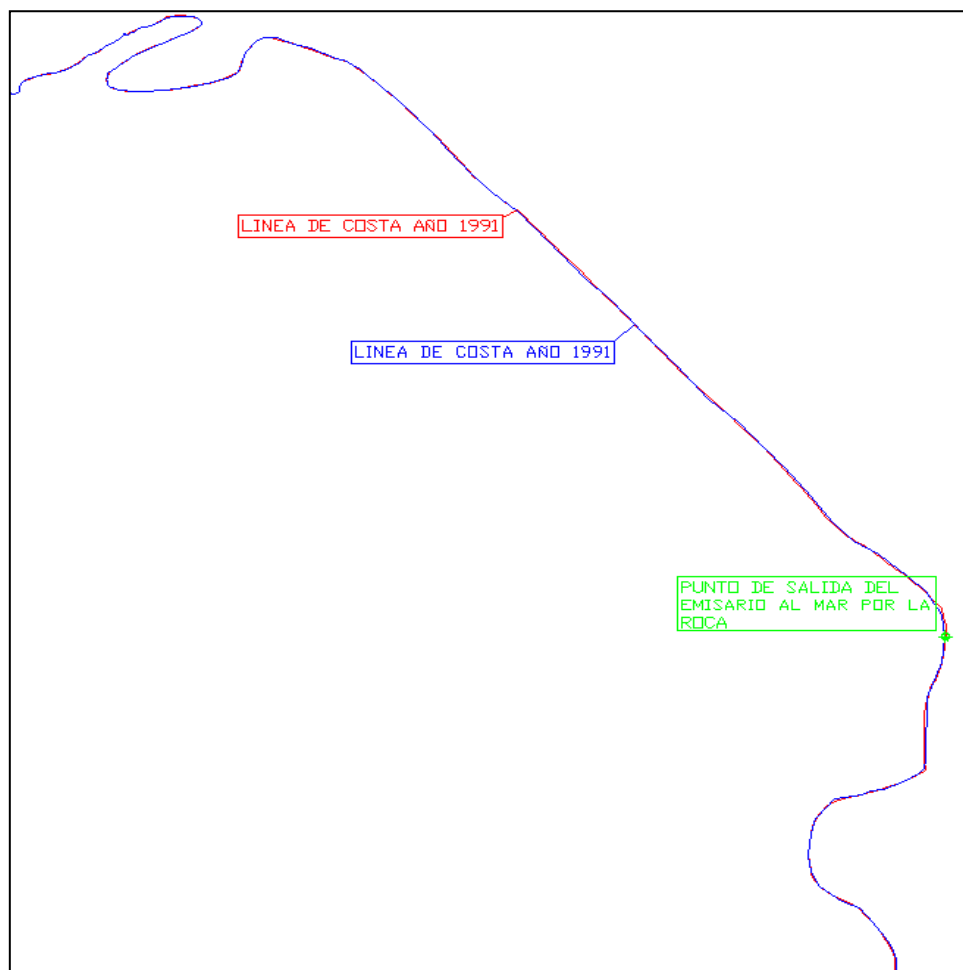
La digitalización y montaje de fotografías aéreas, constituye una de las metodologías más fiables para determinar cuál ha sido la evolución histórica de una zona costera, ya que, por lo general, constituye la única fuente histórica de información.

A pesar de ello, debido a que las escalas de las fotografías de distintos años son muy diferentes, la composición digital precisa gran habilidad para evitar que los errores de estimación sean de orden inferior a las variaciones de la variable de interés, en nuestro caso, la línea de orilla. Se ha de tener en cuenta,

dentro del proceso de montaje y digitalización realizado, los errores inherentes a la percepción visual. Lógicamente éstos se han de transformar a las escalas con las que se trabaja.

Otros errores a tener en cuenta son los debidos a las variaciones de los niveles de marea, al "run-up" y "run-down", así como los asociados al propio proceso montaje y solape de las fotografías (error de percepción lineal y angular). Se ha estimado que el error total cometido en la determinación visual de la línea de orilla es del orden de 1-2 mm, asumiendo, por lo tanto, desviaciones de ± 20 m, debidas a la transformación a escala real, para definir la banda de error cometido en la estimación la línea de orilla de las imágenes digitalizadas.

La digitalización de la línea de orilla de las diversas fotografías, que se puede observar a continuación, se realizó a partir del nivel máximo de marea, observado en el conjunto de fotografías en el límite de playa seca. Dicha metodología evita un error asociado a la variación del nivel de marea:





Como se puede apreciar en el gráfico anterior en el que se destacan las líneas de costa referentes a los años 2.001 (azul) y 1991 (rojo), no existe apenas movimiento de la franja litoral constituida en su mayoría por calizas y margas. El emisario sale al mar por una zona de acantilado.

En vista de que la línea de costa no presenta evolución histórica alguna, unido a que, según el modelo aplicado, la capacidad de transporte litoral es nula en la zona, no se prevé evolución significativa de la línea de costa.

4. BATIMETRÍA

En la elaboración de la batimetría del emisario submarino de Sant Elm se ha estudiado la parte correspondiente al trazado actual así como la zona propicia para albergar la prolongación.

Se ha realizado un reconocimiento y descripción de los perfiles de los fondos en el área de estudio. De esta forma se ha caracterizado el perfil del fondo y se han identificado los elementos singulares (bajos o depresiones, etc.) que puedan influir en la construcción de eventuales prolongaciones, el funcionamiento y mantenimiento de la obra.

Esta caracterización de los fondos se ha realizado a partir de

PLAN GENERAL DE COSTAS MOPT SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUERTOS Y COSTAS

En concreto se ha partido de la información del Estudio Geofísico Marino del tramo de costa comprendido entre Puntas Salinas e Isla Dragonera (Mallorca):

Plano de Puntos de Sonda, Isobatas y situación toma de muestras. Tramo: ISLA DRAGONERA – CALA D'EN TIO

EQUIPO DE ECOSONDA DE BARRIDO,

Durante la Campaña Oceanográfica realizada por la UTE GEMA-INNCIVE se han tomado medidas con la Ecosonda de perfiles longitudinales en la zona del emplazamiento del emisario y alrededores. Con los datos obtenidos se han contrastado los planos citados en el apartado anterior.

EQUIPO ADCP WORKHORSE

Las medidas realizadas con el instrumento ADCP, definidas anteriormente en la planificación de la campaña, han servido para verificar los perfiles longitudinales del emplazamiento y alrededores. La embarcación realizó los transectos correspondientes y la ADCP registró medidas de profundidades a partir de las cuales se han verificado los correspondientes perfiles.

Se han realizado el siguiente transecto:

Transecto 1: a lo largo de la traza del actual emisario submarino y la futura prolongación



MEDIDAS DE PROFUNDIDADES CON CTD

Con los perfiles obtenidos en las CTD se han comprobado las profundidades de los puntos en los que se han situado dichas estaciones.

MEDIDAS "IN SITU" DE PROFUNDIDADES

El equipo técnico que ha realizado la Campaña Oceanográfica planificada por la UTE GEMA-INNCIVE, en las inmersiones de inspección del emisario submarino ha realizado medidas "in situ" de profundidad a lo largo del trazado actual emisario submarino, así como en la zona propuesta para la futura prolongación.

5. GEOLOGÍA DEL TRAMO SUBMARINO

A continuación se adjuntan los materiales encontrados en la traza del tramo actual por puntos kilométricos. En este caso se encuentra arena y praderas de Posidonia.

P.K.	Material encontrado
De p.k. 0+00 a p.k. 0+448	Arena con calvas de Posidonia
De p.k. 0+448 a p.k. 0+740	Posidonia

6. CONDICIONES DE BIOSFERA SUBMARINA

El límite superior de la zona infralitoral queda definido por las especies que no pueden soportar la emersión, y el inferior está marcado por la desaparición de las fanerógamas marinas y de las algas fotófilas. Estos límites son variables ya que el superior depende del grado de exposición de la costa y el inferior, de la penetración de la luz, que depende a su vez de la turbidez del agua. En el Mediterráneo occidental este límite se encuentra alrededor de los 30 m de profundidad, pero varía mucho en función de la situación geográfica; por ejemplo, este límite es de 15-20 m en las islas Medas y en otras localidades de la Costa Brava, y de 35-40 m en Mallorca. Es posible subdividir esta zona, desde un punto de vista físico, en función del modelo general del movimiento del agua. Éste es importante, entre otras razones, porque permite el transporte de nutrientes a las plantas y de alimento a los animales filtradores. Según Riedl (1966), los movimientos del agua son multidireccionales desde la superficie hasta unos 3 m de profundidad. Esta zona se considera como una zona de rotura cuya incidencia sobre las dos zonas anteriores ya se ha mencionado. Desde los 3 m hasta unos 11 m, el agua se mueve principalmente en el plano vertical, oscilando alternativamente en ambos sentidos; y desde los 11 m hasta los 25 m, o más, el agua se mueve con un flujo unidireccional que depende de las corrientes generadas por las olas o en profundidad. El régimen hidrodinámico de cada zona afecta a la bionomía de las poblaciones vivas. La zona más profunda es una zona de transición hacia el circalitoral, y presenta un número cada vez mayor de microhábitats oscuros. En los sustratos rocosos predominan las algas fotófilas asociadas con comunidades animales; la zona equivalente en los mares



tropicales es el dominio de los arrecifes de coral. Los sustratos blandos se caracterizan por la presencia de una endofauna de excavadores (bivalvos, poliquetos, equinodermos, gasterópodos, etc.), praderas de fanerógamas marinas (en el Mediterráneo, principalmente Posidonia, aunque también existen Cymodocea y otras), y algunas algas. Las principales comunidades de plantas se toman como referencia de esta zona debido a que su biomasa es predominante, aunque existe una fauna asociada rica y variada.

Las comunidades de algas relativamente grandes pueden ser muy complejas y diversificadas. Empiezan a aparecer a unos pocos centímetros por debajo del nivel medio del mar, donde las especies mediolitorales típicas desaparecen (es decir, aquellas especies que no soportan una inmersión continua, como *Lithophyllum tortuosum* y *Nemoderma tingitanum*). Al mismo nivel, aparecen especies incapaces de resistir una larga emersión (como especies de *Cystoseira*, *Halopteris scoparia*, etc.). En muchos lugares, la asociación de *Ceramium ciliatum* y *Gelidium pusillum* forma una franja entre la zona mediolitoral y la infralitoral. Esta zona infralitoral finaliza con la desaparición (debido a la falta de luz) de especies fotófilas como las algas *Padina pavonica*, *Cladostephus hirsutus* y otras.

Una comunidad de algas fotófilas bien desarrollada es como un bosque terrestre en miniatura: una cubierta de 30 centímetros de altura con hasta cuatro sustratos distintos que cimbrea con el movimiento de las olas. En primer lugar, hay un sustrato basal incrustante formado por algas calcáreas y por el material esquelético o caparazones de poliquetos, briozoos y gasterópodos. Por encima, puede aparecer una capa cespitosa intermedia formada por pequeñas algas calcáreas o blandas. Estas especies y las que construyen costras o pulvínulos en el estrato inferior son esciáfilas ya que los dos estratos superiores son densos y reducen el paso de la luz. El tercer estrato está formado por formas erectas bajas («arbustivas») y el cuarto por grandes feofíceas o rodofíceas.

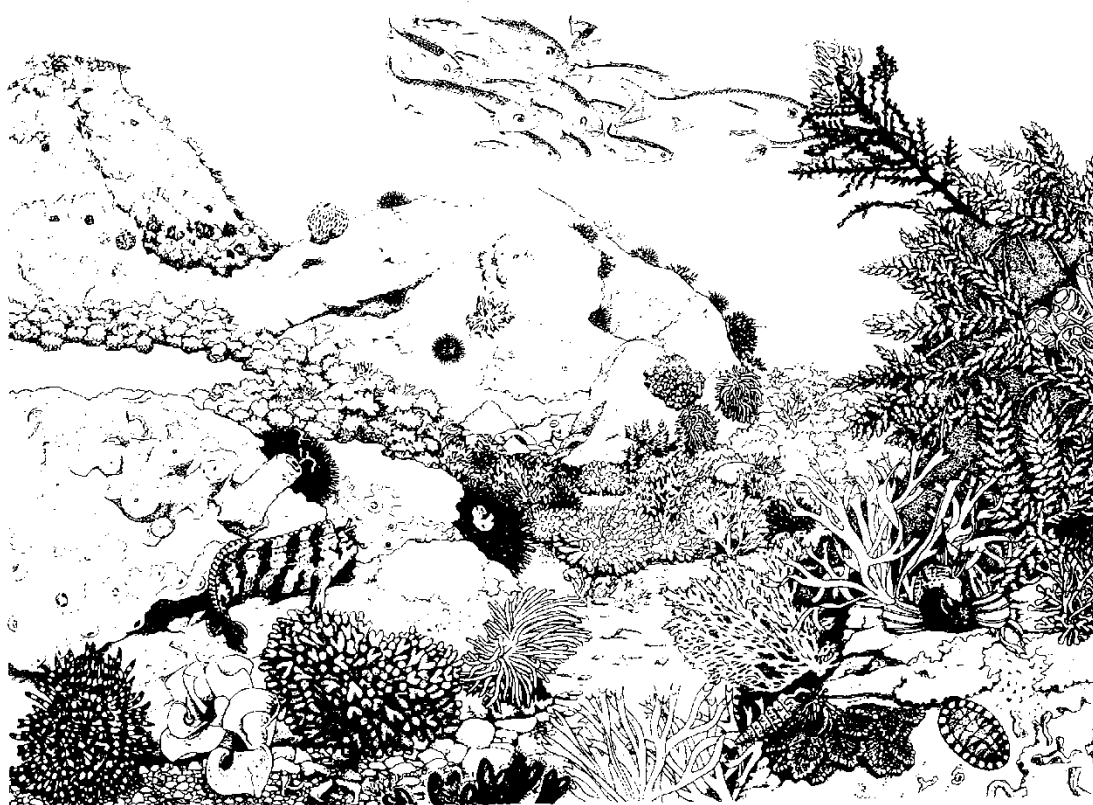


Imagen 1 Fig. 14. Aspecto típico de una comunidad de algas fotófilas de una costa del Mediterráneo occidental

Esta disposición en capas favorece el éxito de las algas fotófilas y explica la elevada diversidad de sus comunidades. Según las condiciones ambientales o las restricciones biogeográficas, cada estrato está formado por diferentes especies de forma que las posibilidades de combinación son muy elevadas. Esta complejidad se suma a la distribución relativamente amplia de esta zona y mantiene una rica fauna asociada que, si bien no tiene una biomasa tan grande como la de las algas, muestra una elevada diversidad específica característica de las comunidades o facies más ricas de la zona.

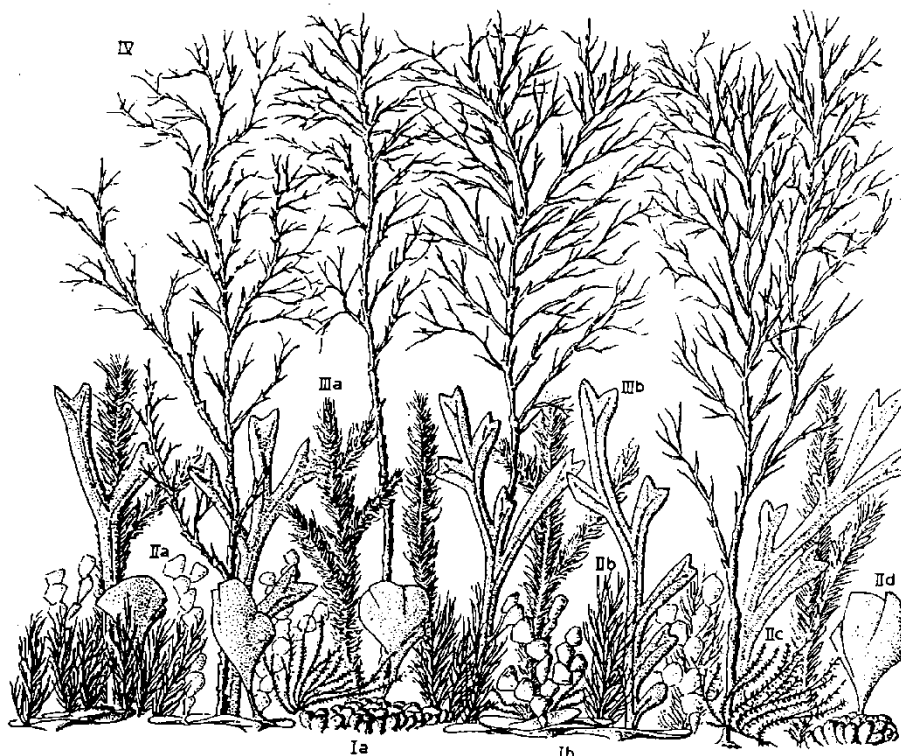


Imagen 2 Fig. 15. Esquema de la disposición en varios estratos de la vegetación de una comunidad de *Cystoseira* del piso infralitoral

Esta disposición en capas favorece el éxito de las algas fotófilas y explica la elevada diversidad de sus comunidades. Según las condiciones ambientales o las restricciones biogeográficas, cada estrato está formado por diferentes especies de forma que las posibilidades de combinación son muy elevadas. Esta complejidad se suma a la distribución relativamente amplia de esta zona y mantiene una rica fauna asociada que, si bien no tiene una biomasa tan grande como la de las algas, muestra una elevada diversidad específica característica de las comunidades o facies más ricas de la zona.

Las comunidades de algas fotófilas más características tienen alguna especie de *Cystoseira* como principal componente, algas feofíceas constituyen la mayor parte de la biomasa de esta comunidad destacando por su papel estructural. En áreas expuestas, *Cystoseira mediterranea* y *C. stricta* son vicarias. La primera se ha encontrado en las costas de Francia (Alberes), Cataluña, Almería, Nápoles, etc., y la segunda aparece en algunas zonas de las costas francesa e italiana y en Córcega. La composición específica de estas dos comunidades vicarias es, en su mayor parte, idéntica. Dos animales filtradores acompañan normalmente esta comunidad: *Mytilus galloprovincialis* (en el nivel superior de frontera) y *Balanus perforatus* (en los niveles medios). La primera especie también puede formar una facies por sí misma.

PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

Las comunidades de aguas calmadas dominadas por especies de *Cystoseira* presentan una marcada aseasonal en función de su distribución geográfica.

Intensidad luminosa elevada: comunidades fotófilas				
		Sustrato elevado	Sustrato inferior (incluyendo epifitos)	animales
Con dominancia de especies de <i>Cystoseira</i> . Entre 0 y 0,5 m de profundidad	En sustratos expuestos	<i>Cystoseira stricta</i> <i>Cystoseira mediterranea</i>	<i>Polysiphonia deludens</i> <i>Ceramium rubrum</i> <i>Jania rubens</i> <i>Feldmannia caespitula</i> <i>Lithophyllum incrustans</i>	<i>Coryne muscoides</i> (hydr.) <i>Sertularella elisi</i> f. <i>lagenoides</i> (hydr.) <i>Schismopora armata</i> (bryo.) <i>Vermetus triquetus</i> f. <i>gregarius</i> (gast.) <i>Mytilus galloprovincialis</i> (biv., niveles superiores) <i>Balanus perforatus</i> (cirr.)
	En aguas calmadas o moderadamente expuestas	<i>Cystoseira crinita</i> <i>Cystoseira compressa</i> <i>Cystoseira caespitosa</i> <i>Cystoseira ercegovici</i> <i>Cystoseira elegans</i> <i>Cystoseira balearica</i>	<i>Padina pavonica</i> <i>Halopteris scoparia</i> <i>Sargassum vulgare</i> (Con cambios estacionales notables)	Fauna rica y variada, con muchos sedimentívoros y detritívoros
Sin especies de <i>Cystoseira</i>	En aguas más expuestas	Ausente o reducido	<i>Asparagopsis armata</i> (más frecuente en la fase tetraspórica de <i>Falkenbergia rufolepis</i>) <i>Corallina elongata</i> <i>Laurencia obtusa</i> <i>Jania rubens</i>	Facies (menos algas): * <i>Mytilus galloprovincialis</i> y otros moluscos * <i>Anemonia sulcata</i> y cangrejos asociados (<i>Uca</i> spp., <i>Libinia</i> spp., <i>Libinia</i> spp.) * <i>Scyllarus</i> spp. y otros decápodos (<i>Scyllarus</i> spp.) *Hilitarios (<i>Eudendrium capillare</i> , <i>E. racemosum</i> , <i>Bougainvillea vamosa</i> , <i>Sertularella elisi</i> , <i>Halocynthia</i> spp.), acompañados de otros cnidarios (<i>Clavularia ochracea</i>), tunicados (<i>Clavelina lepadiformis</i>) y esponjas (<i>Hymeniacidon sanguinea</i>)
	En aguas calmadas	<i>Padina pavonica</i> <i>Cladostephus hirsutus</i> <i>Halopteris scoparia</i> <i>Dilophus fasciola</i>	<i>Amphiroa rigida</i> <i>Lithophyllum incrustans</i> <i>Acetabularia acetabulum</i> <i>Dasycladus vermicularis</i>	Muchos sedimentívoros, moluscos, poliquetos, crustáceos y equinodermos
Perturbaciones locales	Ramoneo por erizos de mar, sedimentación, abrasión por arena	No	<i>Lithophyllum incrustans</i>	<i>Arbacia lixula</i> , <i>Paracentrotus lividus</i> (equi.) <i>Anemonia sulcata</i> (anto.)
	Contaminación	No	<i>Lithophyllum incrustans</i> <i>Gelidium pusillum</i> <i>Corallina elongata</i> <i>Ulva rigida</i> <i>Enteromorpha</i> spp.	
Estructuras sólidas y voluminosas (ver fig. 8.10)		No		* <i>Vermetus</i> (<i>Spirogyllus</i>) <i>crissatus</i> *Serpúlidos: <i>Serpula</i> , <i>Pomatostegus</i> , <i>Protula</i>
Intensidad luminosa baja: comunidades escúfilas				
	Lugares expuestos bajo los extraplomos del trotón de <i>Lithophyllum tortuosum</i>	<i>Schottera nicaensis</i> <i>Cladophora pellucida</i> <i>Petrocladia capillacea</i>	<i>Gelidium melanoideum</i> <i>Rhodophyllis divaricata</i> <i>Gymnothamnion elegans</i> <i>Valonia utricularis</i> (a) Más especies de aguas frías <i>Lomentaria articulata</i> <i>Plocamium cartilagineum</i> <i>Callithamnion tetragonum</i> (Norte del Mediterráneo occidental) (b) Más especies de aguas cálidas <i>Botryocladia botryoides</i> <i>Polyphysa parvula</i> (Tirreno, etc.)	<i>Actinia equina</i> (anto.) <i>Coryne muscoides</i> (hydr.) <i>Halichondria panicea</i> (espon.)
	Nivel inferior del infralitoral; aguas calmadas. Transición hacia el coralígeno	<i>Cystoseira spinosa</i> <i>Halopteris filicina</i> <i>Codium vermilara</i> <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> <i>Codium bursa</i> <i>Halimeda tuna</i> <i>Udotea petiolata</i>	<i>Rhodymenia ardissoni</i> <i>Peyssonnelia rubra</i> <i>Peyssonnelia squamaria</i> <i>Codium effusum</i> <i>Callithamnion tripartitum</i> <i>Acrosorium uncinatum</i>	Facies (menos algas): * <i>Alcyonium acule</i> *Esponjas: <i>Ircinia fasciculata</i> , <i>Hymeniacidon sanguinea</i> , <i>Petrosia ficiformis</i> , <i>Hamigera hamigera</i>

Imagen 3 Comunidades infralitorales de dominancia algal sobre sustrato duro



La comunidad de algas fotófilas sin *Cystoseira* está dominada por otras feofíceas. En aguas calmadas y calientes generalmente se encuentra una comunidad de *Padina pavonica* y *Cladostephus hirsutus*, con tasas de deposición relativamente elevadas que favorecen la presencia de un sustrato de moluscos, poliquetos, crustáceos y equinodermos y otras algas, con la inclusión de algunas especies de afinidades pantropicales.

Las asociaciones de lugares más expuestos pueden ser contempladas como ecotonos de transición entre las comunidades de *Cystoseira* expuestas (cerca de la superficie) y las comunidades fotófilas o esciáfilas, de lugares más calmados por ser más profundos.

En conjunto, estas asociaciones, junto con las comunidades de *Cystoseira*, constituyen el paisaje submarino típico del infralitoral, intercaladas con facies más homogéneas. También son abundantes en las cubetas rocosas.

En algunos lugares, el estrato superior de algas blandas está ausente o muy empobrecido, debido a factores locales (p.e., ramoneo intenso por parte de erizos, sedimentación, abrasión por la arena y contaminación). En estos casos, las algas incrustantes o los animales calcáreos, que forman el estrato basal, pueden formar grandes asociaciones uniespecíficas. Tienen aspecto de estructuras sólidas y macizas que recuerdan al trottoir mediolitoral pero con un grado de organización espacial menor. La fauna asociada generalmente es pobre ya que falta la protección y la complejidad espacial de la estructura en múltiples estratos mencionada anteriormente. Sin embargo, cuando existen grietas o sustratos fácilmente horadables (p.e., los constituidos por las conchas de *Vermetus* o los tubos calcáreos de los serpulidos), la fauna acompañante puede ser rica y presentar marcadas afinidades tropicales (sin duda relacionadas con las condiciones ambientales que se dan en estos «arrecifes» o trottoirs de aguas someras).

Mytilus galloprovincialis puede formar poblaciones muy densas, formando una cubierta casi continua de conchas, en rocas expuestas en aguas limpias o en lugares calmados con aportes de agua dulce, o incluso en aguas ligeramente contaminadas.

Los animales acompañantes, que se esconden en los intersticios, y los epibiontes, constituyen una fauna abundante pero monótona, especialmente en zonas contaminadas.

Anemonia sulcata forma un cinturón al pie de las secciones rocosas, en litorales abiertos o cerrados y también en los límites con los fondos blandos arenosos.

En zonas contaminadas dominan especies de algas como *Ulva rigida* o *Corallina* (posiblemente ha habido cierta confusión en la determinación de *C. elongata* y *C. officinalis*; la facies de lugares contaminados, tradicionalmente atribuida a *C. officinalis*, puede estar formada por un ecotipo de *C. elongata*). Las especies de *Cystoseira* dependen de la estabilidad ambiental; cuando la contaminación es elevada o si hay un fuerte estrés (debido a



la sedimentación o a aportes de agua dulce), las comunidades de *Cystoseira* desaparecen y son remplazadas por una comunidad dominada por especies oportunistas.

Las comunidades algales esciáfilas dominadas por *Schottera nicaeensis* se localizan principalmente en lugares expuestos, generalmente situados bajo los extraplomos del trottoir de *Litophyllum tortuosum* o en grietas oscuras infralitorales. En el Mediterráneo occidental se han distinguido dos comunidades (Boudouresque y Cinelli, 1976); la primera, formada por muchas especies con afinidades de aguas frías, está restringida a la Costa Brava y la Costa de las Alberes, mientras que la segunda, con algunas especies de aguas relativamente cálidas, aparece en el Tirreno, Baleares, Valencia y en otras zonas.

En los niveles bajos del infralitoral (o bajo la sombra de los extraplomos y en las grietas, pero casi siempre en lugares calmados) aparece la llamada comunidad precoralígena. Ha sido descrita como un componente empobrecido de la coralígena, pero puede ser identificada como una verdadera asociación de algas esciáfilas del infralitoral inferior. Las especies principales son variables y se puede distinguir un gran número de facies. El componente faunístico siempre es muy rico y representa una comunidad de transición entre la de las algas fotófilas y la del coralígeno.

Los sustratos recientemente sumergidos, naturales o contruidos por el hombre (grandes malecones, rocas, o cascos de barcos) se recubren fácilmente por los estadios progresivos de la sucesión bentónica marina (ver sección 8.8). La persistencia de estos estados iniciales (debido a las sucesivas limpiezas de fondos de un buque, por ejemplo, al igual que la hierba que continúa creciendo cuando se siega) ha llevado a algunos autores a hablar de una comunidad de fouling, caracterizada, entre otro, por esponjas (*Sycon*), hidrarios (*Tubularia*, *Campanularia*, *Obelia*), briozoos (*Zoobothryon*, *Bugula*), poliquetos, ascidias y algunas especies de algas igualmente oportunistas, pertenecientes a los géneros *Ulva*, *Cladophora* y *Enteromorpha*. Sin embargo, esta comunidad no es más que el estadio pionero de otras asociaciones más maduras.

Los fondos blandos, especialmente los infralitorales, son intrínsecamente más inestables que los duros. Por lo tanto, las comunidades que se establecen sobre ellos soportan un flujo de energía más elevado y muestran una organización espacial menor. Estas características explican las dos propiedades básicas de estos fondos: la reducción en la riqueza de especies (a pesar de una gran diversidad de ambientes) y el aumento en la diversificación de las comunidades. Sin embargo, también es posible que el gran número de comunidades de fondos blandos sea el resultado de la naturaleza fluctuante de estos fondos que produce comunidades casi tan variables como las planctónicas. La clasificación de estas comunidades es laboriosa, y sus fronteras, incluso aquéllas que están bien estudiadas, son poco concisas puesto que hay descritos tantos estados de transición como comunidades bien definidas. Sólo una de ellas, la pradera de *Posidonia oceánica*, la más



madura y rica en especies, parece mantener su identidad o variar lentamente a lo largo de lo que se ha descrito como una sucesión ecológica.

Todas las comunidades descritas, presentes en la zona en estudio, viven en las condiciones que a continuación se reproducen por los siguientes parámetros en estudio:

6.1 TEMPERATURA DEL AGUA DE MAR

La acción combinada de la radiación solar (que calienta la superficie del mar) y de los vientos (que actúan sobre el mar a modo de energía para la mezcla) causa los procesos de estratificación que sufren las aguas. Durante los periodos de máximo calentamiento, la superficie del mar aumenta su temperatura, que se distribuye gracias a la acción del viento sobre las primeras decenas de metros, quedando la masa de agua estructurada en una capa superficial con aguas bien mezcladas y temperaturas altas, y una capa profunda mucho más fría con la que no se mezcla.

La zona de gradiente máximo de temperatura en esta estructuración vertical de la masa de agua se conoce como **termoclina** y es la zona donde se observan los cambios más drásticos de temperatura en el eje vertical. Esta capa termoclina bloquea la ascensión del flujo incidente debajo de la superficie del mar.

En la zona de estudio se observa el régimen térmico típico del Mediterráneo occidental, con una marcada termoclina estacional que se empieza a formar en primavera, a unos 20 metros de profundidad y se desarrolla plenamente en verano (20-50 metros). A finales de agosto empieza a romperse dicha termoclina y entre octubre y noviembre se mezcla el agua y desaparece el gradiente vertical de temperatura para mantenerse la columna de agua a una temperatura de unos 13-15º C durante el invierno.

En los perfiles verticales de temperatura de las Estaciones de Muestreo de la posible zona de prolongación del emisario se observa un gradiente de temperatura que da lugar a la formación de una termoclina. Hay que destacar que en la época del año en que se ha realizado la campaña (noviembre) las aguas empiezan a mezclarse y tiende a desaparecer la termoclina.

En el área futura de afección del vertido se forma una termoclina estacional que favorecerá el vertido de aguas residuales, al atrapar el penacho e impedir que los contaminantes lleguen a la superficie y zonas de riesgo (zonas de baño de la costa, etc.).



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	TEMPERATURA (°C)
1,162	18,332
2,178	18,819
3,124	19,075
4,035	19,127
5,139	19,136
6,026	19,130
7,082	19,124
8,237	19,173
9,031	19,186
10,027	19,197
11,071	19,202
12,012	19,205
13,076	19,207
14,108	19,209
15,191	19,209
16,056	19,210
17,081	19,211
18,03	19,211
19,054	19,211
20,073	19,211
21,055	19,212
22,103	19,210
23,077	19,210
24,072	19,210
25,052	19,210
26,044	19,210
27,11	19,209
28,05	19,207
29,153	19,207
30,019	19,206
31,156	19,206
32,014	19,205
33,095	19,205
34,017	19,205
35,053	19,204



6.2 SALINIDAD DEL AGUA DE MAR

A continuación se reflejan los resultados de la situación salina de la zona de estudio de la Isla de Mallorca, sobre la plataforma insular costera, en el periodo de tiempo de noviembre de 2004, para la realización del estudio: “Variación de las principales variables oceanográficas y planctónicas en una estación de muestreo del mar Balear”

Si bien las variaciones de temperatura a lo largo del año vienen prácticamente determinadas por el ciclo anual térmico atmosférico, el factor salinidad va a estar estrechamente ligado al tipo de masa de agua presente en cada momento.

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	SALINIDAD (PSU)
1,162	37,352
2,178	37,318
3,124	37,308
4,035	37,283
5,139	37,237
6,026	37,117
7,082	37,387
8,237	37,362
9,031	37,364
10,027	37,384
11,071	37,400
12,012	37,403
13,076	37,409
14,108	37,413
15,191	37,417
16,056	37,419
17,081	37,421
18,03	37,422
19,054	37,424
20,073	37,425
21,055	37,426
22,103	37,430
23,077	37,431
24,072	37,432
25,052	37,433
26,044	37,434
27,11	37,436
28,05	37,440



PROFUNDIDAD (m)	SALINIDAD (PSU)
29,153	37,441
30,019	37,444
31,156	37,444
32,014	37,445
33,095	37,446
34,017	37,447
35,053	37,454

6.3 CONDUCTIVIDAD

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (S/m)
1,162	4,8989
2,178	4,9468
3,124	4,9730
4,035	4,9757
5,139	4,9712
6,026	4,9563
7,082	4,9879
8,237	4,9901
9,031	4,9919
10,027	4,9954
11,071	4,9978
12,012	4,9986
13,076	4,9996
14,108	5,0003
15,191	5,0009
16,056	5,0012
17,081	5,0015
18,03	5,0018
19,054	5,0020
20,073	5,0023
21,055	5,0025
22,103	5,0028
23,077	5,0029
24,072	5,0031
25,052	5,0033
26,044	5,0035
27,11	5,0037
28,05	5,0040
29,153	5,0042
30,019	5,0043



PROFUNDIDAD (m)	CONDUCTIVIDAD (S/m)
31,156	5,0045
32,014	5,0045
33,095	5,0047
34,017	5,0048
35,053	5,0055

6.4 DENSIDAD DE LAS CAPAS DE AGUA DE MAR

Tal y como se observa en los perfiles de densidades de las Estaciones de Muestreo elegidas:

Asociada a la termoclina, o a unos pocos metros más de profundidad, aparece la pycnoclina, siendo en este caso la zona de gradiente máximo de densidad. La relación entre la densidad y la temperatura del agua condiciona las relaciones de estas dos estructuras en la componente vertical de los mares.

La fenomenología asociada a la pycnoclina y sus consecuencias en el vertido de las aguas a través del emisario submarino se han expuesto en el apartado anterior de temperatura.

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD (kg/m ³)
1,162	1.027,00
2,178	1.026,85
3,124	1.026,78
4,035	1.026,75
5,139	1.026,72
6,026	1.026,63
7,082	1.026,85
8,237	1.026,82
9,031	1.026,82
10,027	1.026,84
11,071	1.026,85
12,012	1.026,86
13,076	1.026,87
14,108	1.026,87
15,191	1.026,88
16,056	1.026,89
17,081	1.026,89
18,03	1.026,90
19,054	1.026,90
20,073	1.026,91
21,055	1.026,91
22,103	1.026,92
23,077	1.026,93



PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD (kg/m ³)
24,072	1.026,93
25,052	1.026,94
26,044	1.026,94
27,11	1.026,95
28,05	1.026,96
29,153	1.026,96
30,019	1.026,97
31,156	1.026,97
32,014	1.026,98
33,095	1.026,98
34,017	1.026,99
35,053	1.027,00

6.5 OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DE MAR

La presencia de oxígeno disuelto en el agua es un parámetro esencial para los algares. El vertido de aguas residuales provocan un aumento de los niveles de nutrientes y de materia orgánica, cuya oxidación reduce la cantidad de oxígeno disuelto provocando graves consecuencias en los ecosistemas de algas.

Como se observa en los perfiles de las estaciones de muestreo planificadas en la campaña oceanográfica, en la zona de vertido actual del emisario no aparecen valores significativos de Oxígeno Disuelto que puedan afectar a la Producción Primaria de las algas de la zona.

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)
1,162	6,413
2,178	6,534
3,124	6,811
4,035	6,591
5,139	6,280
6,026	6,070
7,082	5,795
8,237	5,780
9,031	5,820
10,027	5,903
11,071	5,987
12,012	6,029
13,076	6,065
14,108	6,074
15,191	6,074



PROFUNDIDAD (m)	OXÍGENO DISUELTO (mg/l)
16,056	6,082
17,081	6,080
18,03	6,079
19,054	6,059
20,073	6,071
21,055	6,074
22,103	6,075
23,077	6,083
24,072	6,081
25,052	6,081
26,044	6,096
27,11	6,103
28,05	6,114
29,153	6,136
30,019	6,147
31,156	6,152
32,014	6,172
33,095	6,177
34,017	6,183
35,053	6,189

6.6 IRRADIANCIA EN LA COLUMNA DE AGUA

El vertido de aguas residuales a través del emisario submarino provoca un aumento de la turbidez del agua, que impide que llegue toda la radiación solar. Esto provoca que las algas no obtengan la energía que necesitan, como tales productores primarios que son.

En los resultados de las medidas de irradiancia realizadas en la zona de estudio se observa cómo a partir de los 40-50 m se empieza a notar que ya no llega con tanta intensidad la luz, produciéndose un descenso de la irradiancia a medida que bajamos en la columna de agua.

Por todo esto se han realizado medidas de irradiancia en la zona de afección y se han obtenidos resultados satisfactorios, ya que en la zona de vertido actual de emisario no se observa un cambio en la irradiancia.

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:



PROFUNDIDAD (m)	PAR/IRRADIANCIA
1,162	9.999
2,178	9.999
3,124	9.999
4,035	9.999
5,139	9.999
6,026	9.999
7,082	9.999
8,237	9.999
9,031	9.999
10,027	9.999
11,071	9.999
12,012	9.999
13,076	9.999
14,108	9.999
15,191	9.999
16,056	9.999
17,081	9.999
18,03	9.999
19,054	9.999
20,073	9.999
21,055	9.999
22,103	9.999
23,077	9.999
24,072	9.999
25,052	9.999
26,044	9.999
27,11	9.999
28,05	9.999
29,153	9.999
30,019	9.999
31,156	9.999
32,014	9.999
33,095	9.999
34,017	9.999
35,053	9.999

6.7 FLUORESCENCIA EN LA COLUMNA DE AGUA

La clorofila, el pigmento verde de todas las células fotosintéticas, absorbe todas las longitudes de onda de la luz visible excepto el verde, el cual es reflejado y percibido por nuestros ojos.



En las plantas y otros organismos fotosintéticos existen diferentes tipos de clorofilas. La clorofila a se encuentra en todos los organismos fotosintéticos (plantas, ciertos protistas, proclorobacterias y cianobacterias). Los pigmentos accesorios absorben energía que la clorofila es incapaz de absorber. Los pigmentos accesorios incluyen clorofila b (en algas y protistas las clorofilas c, d y e), xantofila (amarilla) y caroteno, anaranjado (como el beta caroteno, un precursor de la vitamina A). La clorofila a absorbe las longitudes de ondas violeta, azul, anaranjado-rojizo, rojo y pocas radiaciones de las longitudes de onda intermedias (verde-amarillo-anaranjado).

A partir de los perfiles de fluorescencia se han descrito los patrones de distribución espacial de algunas variables relacionadas con la biomasa del fitoplancton y material particulado en la zona de afección del vertido del emisario submarino. Se ha prestando atención especial a la localización y características de máximo subsuperficial de fluorescencia y clorofila.

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	FLUORESCENCIA (mg/m ³)
1,162	3,3166
2,178	3,4033
3,124	3,4394
4,035	3,41
5,139	3,39
6,026	3,438
7,082	1,3872
8,237	1,3645
9,031	1,2698
10,027	1,3258
11,071	1,4299
12,012	1,3298
13,076	1,3431
14,108	1,4632
15,191	1,4619
16,056	1,4259
17,081	1,582
18,03	1,4859
19,054	1,6073
20,073	1,5767
21,055	1,59
22,103	1,6687
23,077	1,6447
24,072	1,5526



PROFUNDIDAD (m)	FLUORESCENCIA (mg/m ³)
25,052	1,6887
26,044	1,7474
27,11	1,6514
28,05	1,6314
29,153	1,7635
30,019	1,5633
31,156	1,7061
32,014	1,6113
33,095	1,6274
34,017	1,5993
35,053	1,6033

6.8 TURBIDEZ

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

PROFUNDIDAD (m)	TURBIDEZ (FTU)
1,162	0,305
2,178	0,61
3,124	0,343
4,035	0,229
5,139	0,267
6,026	0,153
7,082	0,229
8,237	0,229
9,031	0,114
10,027	0,229
11,071	0,153
12,012	0,305
13,076	0,229
14,108	0,229
15,191	0,114
16,056	0,191
17,081	0,229
18,03	0,153
19,054	0,114
20,073	0,229
21,055	0,381
22,103	0,229



PROFUNDIDAD (m)	TURBIDEZ (FTU)
23,077	0,191
24,072	0,267
25,052	0,267
26,044	0,229
27,11	0,267
28,05	0,343
29,153	0,267
30,019	0,191
31,156	0,267
32,014	0,305
33,095	0,191
34,017	0,267
35,053	0,229

6.9 PRESIÓN

Los resultados de las medidas realizadas a lo largo de la columna de agua en la estación de muestreo nº 6, cercana al punto de vertido propuesto para la adecuación y legalización del emisario han sido:

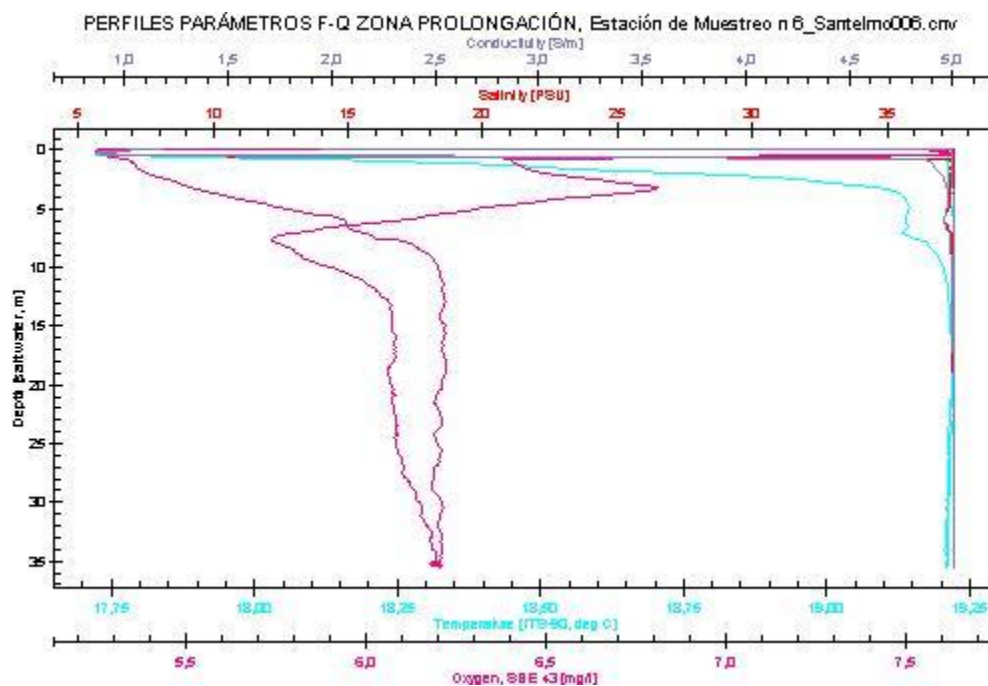
PROFUNDIDAD (m)	PRESIÓN (Db)
1,162	1,171
2,178	2,194
3,124	3,148
4,035	4,066
5,139	5,178
6,026	6,072
7,082	7,137
8,237	8,3
9,031	9,1
10,027	10,104
11,071	11,156
12,012	12,104
13,076	13,176
14,108	14,216
15,191	15,308
16,056	16,179
17,081	17,212
18,03	18,168
19,054	19,2
20,073	20,227

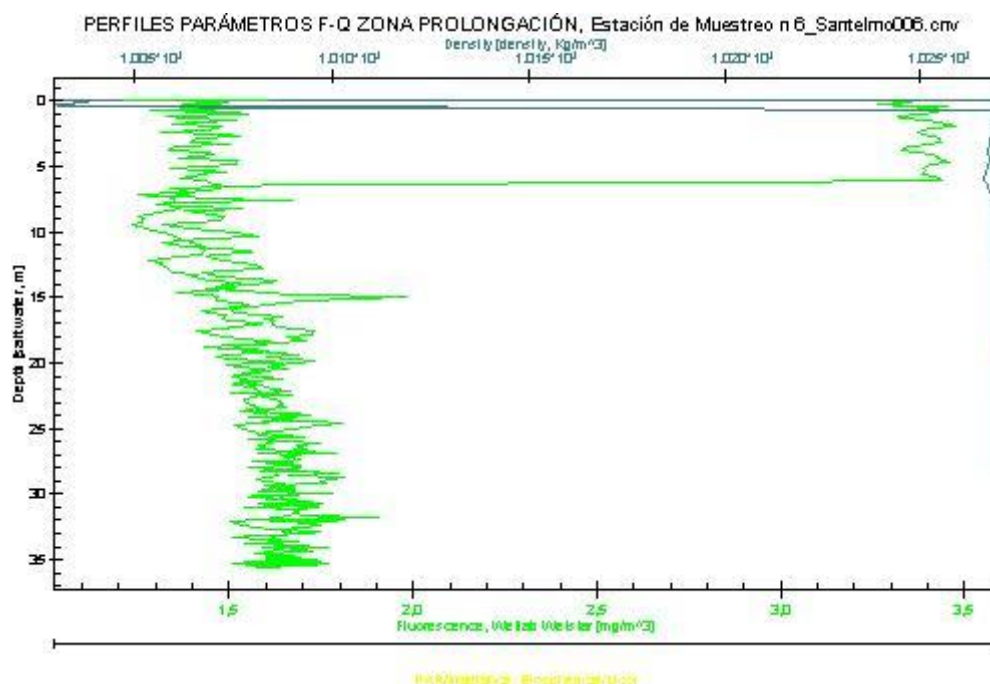


PROFUNDIDAD (m)	PRESIÓN (Db)
21,055	21,217
22,103	22,272
23,077	23,254
24,072	24,257
25,052	25,245
26,044	26,244
27,11	27,319
28,05	28,266
29,153	29,377
30,019	30,25
31,156	31,396
32,014	32,261
33,095	33,35
34,017	34,28
35,053	35,324

6.10 PERFILES VERTICALES PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AGUA DE MAR

A continuación se puede observar la variación de los principales parámetros físico-químicos del agua receptora con la profundidad:





7. RECURSOS DISPONIBLES DE ÁRIDOS Y CANTERAS. PREVISIÓN DE DRAGADOS Y TRASVASE DE ARENAS

En el caso de Sant Elm, el tramo submarino del emisario se dispondrá en zanja hasta llegar al tramo de difusión, y a partir de aquí irá dispuesto sobre el fondo.

Se necesitará escollera de protección y grava de transición hasta la batimétrica – 15m. A partir de ésta la zanja irá cubierta con material de relleno.

Se adjunta a continuación el listado de los yacimientos activos más cercanos a Andratx, indicando el tipo de roca que explotan, y la reserva que presentan. Todos los de la lista son aptos para cumplir la función de escollera y de grava de transición. Para el relleno de la zanja se intentará aprovechar el producto resultante del dragado de la zanja.

NÚMERO	TIPO DE ROCA	RESERVA
16	Caliza	Grande
10	Caliza	Grande
9	Caliza	Grande
15	Caliza	Grande

Los datos aquí citados se han obtenido del Mapa de Rocas Industriales de Palma de Mallorca, en la Hoja 57 10/7.



8. PLAN DE SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS

Conforme al Artículo 7 de la “Instrucción para el Proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar” (aprobada por Orden Ministerial de 13-7-93, con corrección de erratas en el BOE de 13-8-93), el Programa de Vigilancia y Control propuesto garantiza, entre otros aspectos:

- a) Una eficaz gestión del sistema de vertido
- b) Evaluar si se cumplen los requisitos del efluente y los objetivos de calidad impuestos por la normativa vigente y por el condicionado de la autorización del vertido

Asimismo, la información suministrada por el presente programa facilita a la Administración competente la gestión adecuada de los usos que puedan ejercerse en el área de influencia de la zona de descarga, tales como la pesca comercial o recreativa u otros usos de interés turístico.

De acuerdo con estos objetivos, el Programa de Vigilancia y Control contempla dos aspectos complementarios: la calidad estructural de la conducción y la vigilancia ambiental, tanto de la calidad del efluente vertido como de la calidad del medio receptor.

Los resultados de este Programa de Vigilancia y Control deberán recogerse en un informe anual que el órgano competente remitirá a la Dirección General de Calidad Ambiental y Litoral de la Conselleria Ambient de la CAIB.

8.1 VIGILANCIA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL

En este epígrafe se definen los procedimientos y medios (materiales y humanos) necesarios para la realización periódica de las correspondientes inspecciones a realizar en el emisario submarino de Sant elm para comprobar el estado estructural del mismo.

El personal que realice la vigilancia estructural del emisario submarino deberá estar capacitado técnicamente para poder evaluar los posibles daños estructurales del emisario. Asimismo deberá de realizar las inmersiones con equipo de submarinismo adecuado, para garantizar la seguridad de los buzos y poder realizar una inspección técnica adecuada.

El equipo de inspección, cumplirá al menos los siguientes puntos:

- Personal: 1 Patrón para la embarcación y 2 buceadores y 1 ayundante.
- Las inmersiones se realizarán siempre en pareja.
- Dotación de equipo de buceo adecuado: traje ,botellas, regulador, escarpines, aletas, gafas, tubo, cinturón con plomos, etc.
- Equipamiento de inspección: foco, linterna, cámara de fotos, cámara de vídeo, etc.



Se comprobará el estado del emisario submarino, para la evaluación de la estructural se considerarán entre otros los siguientes aspectos:

FUGAS EN EL RECORRIDO
ROTURAS
FALTA DE TRAMOS
FISURAS
POSIBLES CORRIMIENTOS
POSIBLES DESCALCES DE LA TUBERÍA
ESTADO DE SISTEMA DE DIFUSIÓN

Se realizará una inspección de la zona de rompiente:

- Inspección del primer tramo de la parte submarina del emisario: tramo hormigonado.
- Inspección del tramo siguiente: enzanjado.

Asimismo se realizará una inspección de la zona profunda.

Por último se realizará una comprobación de los siguientes aspectos del emisario submarino:

- Funcionamiento
- Punto de vertido
- Coordenadas de vertido
- Material y diámetro del emisario
- Balizamiento

En el tramo de emisario de obra nueva se realizará la vigilancia estructural y funcional en los registros instalados para tal fin cada 200 metros.

Se realizará una inspección anual, considerada suficiente ya que el emisario submarino no se encuentra bajo ningún canal de navegación, zona de fondeo, área de pesca, zona de acción del oleaje intensa, etc; no obstante se podrá aumentar la frecuencia de las inspecciones en caso de que se observe reiteradamente que no presenta una buena calidad estructural y/o funcional.

Al tratarse de una zona turística, se recomienda realizar la inspección a principios de la temporada alta, en la cual aumenta considerablemente la población equivalente. Una vez realizada la inspección y reparadas las posibles incidencias que se descubran, se garantizará un buen funcionamiento del emisario durante la época de gran



afluencia turística. Asimismo se recomienda realizar la inspección en esta época del año para evitar malas condiciones atmosféricas que dificultan los trabajos submarinos.

Periodo recomendado de inspección anual: Mayo-Junio.

La inspección se realizará con la máxima carga hidráulica posible.

Junto con el informe de la inspección se entregará un video de la inspección realizada.

Los trabajos de vigilancia estructural y funcional del emisario submarino serán realizados por una empresa especializada en el sector, con la siguiente clasificación:

- Grupo: F-Marítimas
- Subgrupo: 8-Emisarios
- Categoría: A

8.2 VIGILANCIA AMBIENTAL

Se realizarán controles periódicos del efluente y del medio receptor.

8.2.1 Control de efluente

Se realizará la toma de muestras y la medida del caudal en una arqueta dispuesta para tal fin en el punto de arranque (punto de entrada al mar) del tramo submarino.

El emisario submarino de Sant elm da servicio a una población equivalente de 1400 h-e, por lo que conforme a lo establecido en el apartado 7.3.1."Control del efluente" del Artículo 7 de la "Instrucción para el Proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar", está catalogado en la **categoría I** (Emisarios que sirven a aglomeraciones urbanas que representen menos de 10.000 h-e).

Se realizará dos tipos de análisis sobre el efluente: análisis simplificado y análisis completo.

Se realizará un total de 11 análisis completos y 1 análisis simplificado al año, a continuación se detallan los parámetros que se considerarán para la realización de los dos tipos de análisis, así como la periodicidad de los mismos.

ANÁLISIS SIMPLIFICADO DEL EFLUENTE

El estudio analítico simplificado consistirá en toma continua de caudales y muestras:

CAUDAL
Aforo diario de caudales en arqueta de punto de arranque del tramo submarino, con lecturas de caudales durante 24 horas.



Las medidas de caudal se realizarán con el caudalímetro instalado en la arqueta del punto de arranque del tramo submarino para tal fin.

Determinación analítica en laboratorio de parámetros físico-químicos, para caracterización de los vertidos procedentes de la E.D.A.R. de Sant elm
DBO ₅ (mg/l O ₂)
SST (Sólidos sedimentables totales) (mg/l)
SSV (Sólidos sedimentables volátiles) (mg/l)
pH
DQO (Demanda química de oxígeno) (mg/l O ₂)
O.D.
Conductividad
P total (mg/l)
NTK (Nitrógeno Kjeldahl)
NO ₂
NO ₃
N total (mg/l)

Las tomas de muestras se realizarán en el grifo instalado en la arqueta del punto de arranque del tramo submarino.

Principalmente los nitratos y fosfatos presentes en el vertido de aguas residuales urbanas, en función del medio receptor, pueden provocar fenómenos de **eutrofización**, esto es, la abundancia de N y P dan lugar a una sobreproducción primaria (crecimiento excesivo de algas) que provoca una disminución de la biodiversidad en la zona. Las algas, al morir y descomponerse, aumentan drásticamente la demanda de oxígeno hasta agotarlo, causando la muerte de peces, moluscos y crustáceos del medio marino.

Las algas se desarrollan cuando encuentran condiciones favorables: temperatura, sol y nutrientes. En la zona mediterránea, a partir de la primavera, la temperatura y el sol son suficientes, de forma que el crecimiento de las



algas queda limitado por la cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo. La erosión de la roca, la descomposición de la materia orgánica silvestre y otros procesos naturales producen, normalmente, cantidades limitadas de estos nutrientes. Son, por tanto, los aportes humanos los que favorecen la eutrofización.

Se ha considerado necesario la determinación de nitrógeno total y fósforo total para evaluar el posible riesgo de eutrofización de las aguas receptoras. Ya que las aguas receptoras son oligotróficas, el sedimento tiene en general, un contenido bajo en carbono debido a la escasa producción biológica de las aguas así como a la presencia de elevadas concentraciones de oxígeno en las aguas profundas, estando las deficiencias locales de oxígeno asociadas a fuentes eutrofizantes (aporte urbanos depurados).

La analítica de las muestras tomadas se realizarán en un laboratorio con experiencia contrastada en el análisis de aguas homologado.

De los datos recogidos se elaborará un informe sobre las características del efluente.

El órgano competente podrá incluir en los análisis simplificados más parámetros conforme a la normativa vigente para controlar la preservación del medio marino.

A continuación se detalla la planificación anual de los análisis simplificados a realizar, se ha considera que durante la época estival se realice un análisis mensual por considerarse la época del año de mayor riesgo en caso de situación de mal funcionamiento del emisario:

MES	Nº ANALISIS SIMPLIFICADOS
ENERO	1
MARZO	1
ABRIL	1
1-15 MAYO	1
15-31 MAYO	1
1-15 JUNIO	1
15-31 JULIO	1
1-15 AGOSTO	1
15-31 AGOSTO	1
SEPTIEMBRE	1
NOVIEMBRE	1
TOTAL	11



ANÁLISIS COMPLETO DEL EFLUENTE

Conforme a lo establecido en el apartado 7.3.1: Control del efluente de la Instrucción, los análisis completos deben incluir los parámetros del análisis simplificado y el resto de contaminantes cuya concentración debe ser controlada, de acuerdo a la normativa vigente. No obstante el análisis completo incluirá los mismos parámetros que el análisis simplificado, ya que están incluidos todos los contaminantes considerados en la Directiva Directiva 91/271 sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Se realizará 1 análisis completo durante la época estival, que complementarán a los análisis simplificados programas para esta época:

MES	Nº ANALISIS SIMPLIFICADOS
15-30 JUNIO	1
TOTAL	1

Se realizará un mayor número de análisis en la época del año de mayor turismo para garantizar una buena calidad del medio receptor (posibles zonas de baño, etc.).

8.2.2 Control de las aguas receptoras

La calidad de las aguas de baño está regulada en el RD 734/1988, de 1 de julio, por el que se establecen las normas de calidad de aguas de baño. Este recoge la normativa comunitaria contenida en la Directiva 76/160/CEE, de 8 de diciembre de 1975.

- Aguas de baño: aquellas de carácter continental, corrientes, estancadas o embalsadas, y las de carácter marítimo, en las que el baño esté expresamente autorizado o, no estando prohibido, se practique habitualmente por un número importante de personas.
- Zonas de baño: los parajes en que se encuentran las aguas de baño.
- Temporadas de baño: los periodos de tiempo en los que puede preverse una afluencia importante de bañistas, teniendo en cuenta los usos y costumbres locales.

Las tomas se harán a 30 cm de profundidad, a excepción de las destinadas a la determinación de aceites minerales, que procederán de la superficie.

Se realizarán muestreos en las siguientes Estaciones de Muestreo elegidas para tal fin:



- Estación de Muestreo nº 1: se localizará en la zona derecha del punto de entrada al mar del trazado submarino en la línea de costa, como coordenada orientativa se recomienda : UTM Dátum Europea de 1950 : X=444578.3; Y=4381306.2.
- Estación de Muestreo nº 2: se localizarán en el punto de entrada al mar del trazado submarino en la línea de costa, concretamente en la coordenada UTM Dátum Europea de 1950: X= 446566,7856; Y=4376742,7801.
- Estación de Muestreo nº 3: se localizará en la zona izquierda del punto de entrada al mar del trazado submarino en la línea de costa, como coordenada orientativa se recomienda : UTM Dátum Europea de 1950 :X=443691; Y=4380629.
- Estación de Muestreo nº 4: se localizará entre el punto de vertido del emisario y la costa. Como coordenada orientativa se recomienda la coordenada UTM Dátum Europea de 1950 : X=446483,92; Y=4376199,21
- Estación de Muestreo nº 5: se localizará en el punto de vertido del emisario submarino, coordenada UTM Dátum Europea de 1950 X= 443691; Y=4380629.

Los muestreo a realizar serán de dos tipos:

ANÁLISIS SIMPLIFICADO

Los parámetros a determinar serán:

La normativa establece una serie de parámetros de control tanto microbiológicos como físico-químicos. Los valores que fija para estos son de dos tipos:

- valores guía, cuya consecución será un objetivo de la acción sanitaria.
- valores imperativos, de obligado cumplimiento.

Por otra parte hay una serie de parámetros para los que no fija ningún valor, por lo que su determinación analítica será únicamente preceptiva en determinadas condiciones.

PARÁMETRO	VALOR GUÍA	VALOR IMPERATIVO	PERIODO MUESTREO
Coliformes totales/ 100 ml	500	10000	(1)
Coliformes fecales/100 ml	100	2000	(1)
Estreptococos fecales/100 ml	100		(2)
Ph		6-9	(2)
Color -		Sin cambio anormal	(1)
Transparencia	2	1	
Oxígeno disuelto	80-120		(2)



(1) las frecuencias de muestreo pueden ser reducidas a la mitad si en años anteriores han dado resultados más favorables a los previstos.

(2) Deben efectuarse si se prevé su presencia o haya un deterioro de calidad de las aguas

(3) Deben ser verificados cuando exista tendencia a la eutrofización de las aguas.

También se realizará la determinación de los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	
Sólidos en suspensión	
Temperatura	Se realizará la medida en la columna de agua
Salinidad	Se realizará la medida en la columna de agua

Se realizarán observaciones visuales referentes al viento, oleaje y pluviometría. Los resultados de las observaciones se reflejarán detalladamente en el informe que se redacte al órgano competente.

Se considera la zona de vertido como zona de baño, la playa de Sant Elm se catalogó en 2004 como aguas aptas para el baño, de muy buena calidad (excelentes). Por otro lado, la zona del emisario tiene un USO TURÍSTICO RECREATIVO, según mapa de usos facilitado por la Demarcación de Costas en Illes Balears. La planificación anual de los análisis simplificados será la siguiente:

MES	Nº ANALISIS SIMPLIFICADOS
MARZO	1
MAYO	1
JULIO	1
AGOSTO	1
TOTAL	4

ANÁLISIS COMPLETO

Este análisis incluirá los parámetros del análisis simplificado y los siguientes parámetros, conforme a la normativa vigente:

PARÁMETRO	VALOR GUÍA	VALOR IMPERATIVO	PERIODO MUESTREO
Salmonella/1 l		0	(2)
Enterovirus PFU/10 ml		0	(2)
Aceites minerales		Sin película en superficie y ausencia de olor	(1)
Sustancias tensoactivas		Sin espuma persistente	(1)
Fenoles		Sin olor específico	(1)



PARÁMETRO	VALOR GUÍA	VALOR IMPERATIVO	PERIODO MUESTREO
Residuos alquitranados y materias flotantes	Ausencia -		(1)
Amoníaco mg/l NH ₄			(3)
Nitrógeno Kjeldahl mg/l N			(3)
Plaguicidas			(2)
Metales pesados			(2)
Cianuros mg/l CN			(2)
Nitratos y Fosfatos mg/l NO ₃ y mg/l PO ₄			(3)

(1) las frecuencias de muestreo pueden ser reducidas a la mitad si en años anteriores han dado resultados más favorables a los previstos.

(2) Deben efectuarse si se prevé su presencia o haya un deterioro de calidad de las aguas

(3) Deben ser verificados cuando exista tendencia a la eutrofización de las aguas.

La planificación anual de los análisis simplificados será la siguiente, se ha considerado zona de baño:

MES	Nº ANALISIS COMPLETOS
JUNIO	1
AGOSTO	1
TOTAL	2

Se podrá reducir la frecuencia de la determinación de alguno de los parámetros exclusivos de análisis completo cuando se observe reiteradamente que no incide negativamente en la calidad de las aguas receptoras.

8.2.3 CONTROL DEL SEDIMENTO Y ORGANISMOS

Se realizará el muestreo de sedimentos y organismos en las siguientes estaciones de muestreo:

- Estación de muestreo en la zona de vertido del emisario: como coordenadas orientativas para esta estación se proponen las coordenadas UTM Dátum Europea de 1950 X= 443691; Y= 4380629
- Estación de muestreo en tramo inicial del emisario: en esta zona, al estar en un vaguada tiende a acumularse sedimento. Se recomienda la toma de muestras en las coordenadas UTM Dátum 1950 (444269 , 4381021). En esta zona hay gran representación de comunidades bentónicas, servirá para estudiar la evolución de las praderas de Posidonia de la zona y demás organismos.

El muestreo se realizará una vez al año, recomendándose el mes de septiembre para su realización.



8.3 PRESUPUESTO ANUAL PLAN VIGILANCIA Y CONTROL

A continuación se detalla un presupuesto orientativo de la realización del Plan de Vigilancia Ambiental.

PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL DEL EMISARIO SUBMARINO				
PRESUPUESTO EN CAPÍTULO Y PARTIDAS BÁSICAS DE TRABAJO				
	1	VIGILANCIA ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL EMISADRIO		
3	Día	Embarcación (Patrón incluido)	120,00 €	360,00 €
3	Día	Encargado de buceo	300,00 €	900,00 €
3	Día	Encargado de buceo especialista en estructuras	300,00 €	900,00 €
3	Día	Oficial buceo	40,00 €	120,00 €
12	Ud	Dieta de desplazamiento personal	50,00 €	600,00 €
9	Ud	Hora oficina técnica	30,00 €	270,00 €
6	Ud	Hora edición vídeo	70,00 €	420,00 €
25	Km.	Desplazamiento personal	0,27 €	6,75 €
9	Ud	Equipamiento completo buzos	25,00 €	225,00 €
9	Ud	Unidad iluminación	8,00 €	72,00 €
3	Ud	Cámara digital video submarina	14,00 €	42,00 €
3	Ud	Redacción de informe de vigilancia estructural y control	150,00 €	450,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 1		
				3.873,75 €
	2	VIGILANCIA AMBIENTAL		
	2.1	CONTROL DEL EFLUENTE		
12	Ud	Dieta de desplazamiento personal	50,00 €	600,00 €
25	Km.	Desplazamiento personal	0,27 €	6,75 €
12	Día	Aforo diario de caudal en continuo en arqueta del punto de arranque del tramo submarino	150,00 €	1.800,00 €
		Determinación analítica en laboratorio de parámetros físico-químicos, para caracterización de los vertidos de aguas residuales		



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

12	Ud.	Toma de muestra integrada de vertido	81,08 €	972,96 €
		<i>Determinación analítica en laboratorio de parámetros físico-químicos, para caracterización de los vertidos de aguas residuales</i>		
12	Ud.	DBO5	9,45 €	113,40 €
12	Ud.	SST	5,20 €	62,40 €
12	Ud.	SSV	11,00 €	132,00 €
12	Ud.	pH	0,12 €	1,44 €
12	Ud.	DQO	5,40 €	64,80 €
12	Ud.	O.D.	9,85 €	118,20 €
12	Ud.	Conduct	0,65 €	7,80 €
12	Ud.	P total	5,60 €	67,20 €
12	Ud.	NTK	14,00 €	168,00 €
12	Ud.	NO2	7,00 €	84,00 €
12	Ud.	NO3	7,00 €	84,00 €
12	Ud.	N total	7,00 €	84,00 €
12	Ud.	Redacción de informe por parte del Laboratorio	150,00 €	1.800,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 2.2		
				5.566,95 €
	2,2	CONTROL AGUAS RECEPTORAS		
20	Ud.	Análisis simplificado	220,00 €	4.400,00 €
10	Ud.	Análisis completo	310,00 €	3.100,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 2,2		
				7.500,00 €
	2,3	CONTROL DE SEDIMENTOS Y ORGANISMOS		
1	Día	Embarcación (Patrón incluido)	120,00 €	120,00 €
2	día	Encargado de buceo	300,00 €	600,00 €
1	Ud.	Toma de muestras de sedimento y organismos del fondo	150,00 €	150,00 €
1	Ud.	Análisis de muestras en laboratorio	450,00 €	450,00 €



		TOTAL CAPÍTULO 2.3		
				1.200,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 2		
				14.266,95 €
		TOTAL CAPÍTULOS		
				18.140,70 €
		RESUMEN DE PRESUPUESTOS		
		PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		14.266,95 €
		BENEFICIO INDUSTRIAL Y GASTOS GENERALES (19%)		2.710,72 €
		PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		16.977,67 €
		IVA (16%)		2.716,43 €
		PRESUPUESTO TOTAL		19.694,10 €

9. PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS Y MEDIDAS CORRECTORAS

Entenderemos por factores de corrección o medidas correctoras todas las acciones incorporadas, o de posible incorporación al proyecto para reducir o eliminar los impactos considerados. Las misiones a cumplir son:

- Suprimir, eliminar o al menos reducir la alteración.
- Reducir o atenuar los efectos ambientales negativos, limitando la intensidad de la acción que los provoca.
- Compensar el impacto, a ser posible con medidas de restauración o con actuaciones de la misma naturaleza y efecto contrario al de la acción emprendida.

Debe tenerse en cuenta que los factores de corrección a considerar son técnicamente factibles y viables desde el punto de vista económico, en cualquiera de las fases del proyecto.

Para localizar los factores de corrección se ha contemplado la matriz de definición de impactos, y para cada uno de ellos pensando en las acciones posibles a introducir en la causa, en la transmisión de efectos hacia la causa, y factores a utilizar en la protección del factor ambiental, que sufre los efectos.



9.1 ATMÓSFERA

Durante la fase de ejecución de las obras los conductores de vehículos que transporten tierra, escombros, materiales pulverulentos, áridos, hormigones o cualquier otra materia, habrán de tomar cuantas medidas sean precisas para cubrir tales materiales durante su transporte, evitando así que por efecto de la velocidad del vehículo o del viento caigan sobre las vías públicas y afecten a la población y vegetación adyacentes.

El riego periódico de los terrenos afectados por las obras y sus accesos evitará la emisión de partículas de polvo a la atmósfera.

Un buen mantenimiento de los vehículos y maquinaria minimizará las emisiones de gases procedentes de los motores de combustión.

9.2 SUELO

Cualquier actividad que suponga remoción de suelo o movimiento de tierras deberá ser supervisado por los servicios arqueológicos municipales que podrán, en caso de que apareciesen indicios, paralizar las obras el tiempo que fuese necesario.

Las canteras y vertederos que se utilicen en la fase de construcción serán aquellas expresamente autorizadas.

Se realizará la reposición de tierra vegetal en las zonas que haya sido retirada o deteriorada, recurriendo para ello a terrenos de aportación si fuera necesario.

La zona afectada se limpiará de restos de obra y residuos de cualquier tipo que quedasen en la misma. En caso de producirse derrames accidentales de aceites combustibles, disolventes, etc., el suelo contaminado se pondrá a disposición de gestor autorizado.

9.3 RUIDO

Se evitará el tráfico de vehículos pesados así como el trasiego y funcionamiento de maquinaria durante las horas nocturnas.

9.4 PAISAJE

Una vez finalizadas las diferentes obras, las áreas de trabajo serán convenientemente restauradas eliminando los materiales sobrantes, realizando las labores de descompactación de suelos y recomponiendo las características edáficas y la vegetación dañada.



9.5 MEDIO MARINO

9.5.1 Presencia de microorganismos

Como medida correctora frente a la presencia de microorganismos se propone el control de las aguas receptores, en el Plan de Vigilancia y Control se definen los análisis de control microbiológico y parámetros físico-químicos, conforme a la normativa vigente (RD 734/1988), de 1 de julio, por el que se establecen las normas de calidad de aguas de baño. Este recoge la normativa comunitaria contenida en la Directiva 76/160/CEE, de 8 de diciembre de 1975). En el citado plan también se definen las estaciones de muestreos elegidas, así como la frecuencia de muestreo.

Asimismo, se propone como medida protectora el cumplimiento de la normativa vigente en materia de tratamiento de aguas residuales, en concreto la Directiva 91/271

sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.

9.5.2 Riesgo de eutrofización del medio receptor

Como medida protectora se propone que el agua residual tratada en la E.D.A.R. haya sido sometida a determinados procesos para reducir los nutrientes conforme a la Directiva 91/271 sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas. Este aspecto disminuye el riesgo de eutrofización en la zona de vertido.

Como medida protectora también se propone la realización de análisis del efluente para determinación de nitrógeno total y fósforo total, con el fin de evaluar el posible riesgo de eutrofización de las aguas receptoras.

9.5.3 Presencia de sólidos en suspensión

Como medida correctora se propone la determinación analítica de SST (sólidos en suspensión totales) y SSV (sólidos en suspensión volátiles) a través del control del efluente definido en el Plan de Vigilancia y Control propuesto.

9.6 SOCIOECONOMÍA

Para minimizar el impacto sobre el turismo de las obras, éstas se realizarán durante el periodo comprendido entre el 15 de Octubre al 15 de Abril, encontrándose la zona en temporada baja.

En cuanto al riesgo de accidentes que conlleva la ejecución de las obras, se minimizará llevando un seguimiento estricto del plan de seguridad y salud realizado por el contratista, y en las normas y recomendaciones recogidas en Estudio Básico de Seguridad y Salud que se acompaña en el Proyecto.

La presencia de tráfico rodado por las calles y carreteras obligará a establecer los vallados temporales de seguridad y señalizaciones de obras pertinentes.



Durante la ejecución de las obras se acondicionarán vías de acceso alternativas a las calles, caminos y carreteras existentes en las inmediaciones de las áreas afectadas.

Cualquier hallazgo casual de tipo arqueológico que pudiera producirse durante la realización de los trabajos deberá ser comunicado inmediatamente a la Delegación de Cultura.

Respecto a la Legislación, como respuesta al impacto identificado de la imposibilidad de garantizar los parámetros de salida contenidos en la “Instrucción del consejo de 8 de diciembre de 1975” relativa a la calidad de las aguas destinadas a baños (76/160 CEE).”, se propone un tratamiento complementario en la actual EDAR que asegure en todo momento los parámetros de salida que exige la legislación.

10. CLIMA MARÍTIMO

10.1 INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Puertos esta llevando a cabo desde 1987 un programa de desarrollo tecnológico en el ámbito de las obras marítimas y portuarias, denominado *ROM (Recomendaciones para Obras Marítimas)*, que pretende definir un conjunto de criterios técnicos para orientar a proyectistas, directores y constructores de obras portuarias hacia la obtención de niveles de calidad y garantía exigibles en dichas obras.

Esta Recomendación pretende proporcionar la información elaborada, actualizada, y contrastada existente en el litoral español, para la caracterización y previsión del oleaje en periodos largos de tiempo, y en su aplicación práctica al proyecto de obras marítimas. Permitiendo así la obtención de valores representativos necesarios para el proyecto de toda obra marítima tanto estructuralmente como funcionalmente.

10.2 ZONIFICACIÓN DEL LITORAL ESPAÑOL EN LA ROM 0.3-91

A los efectos de caracterización del Clima Marítimo en el litoral español se establece una zonificación del mismo en 10 áreas diferenciadas, definidas en base a características climáticas homogéneas, a la configuración de la costa, y al emplazamiento de las fuentes de información disponible.

Dicha zonificación permite aceptar que las características del oleaje en aguas profundas son aproximadamente las mismas en aquellas partes de cada área que se encuentren afectadas por los mismos oleajes; es decir en aquellas partes que tengan fetch semejante para cada una de las direcciones incidentes significativas del oleaje.

La zonificación considerada, así como las coordenadas geográficas límites de cada una de las áreas correspondientes, se definen en la *tabla 2.2.1. de la ROM 0.3-91. OLEAJE*

ÁREA	CUADRÍCULA
I	43° N - 45° N 1,5° W - 7° W
I'	43,2° N - 45° N 7° W - 11° W
II	41,5° N - 43,7° N 8° W - 11° W
IV	35° N - 37,1° N 5,6° W - 10° W
V	35° N - 37° N 2° W - 5,6° W
VI	35° N - 38° N 2° W - 2° E
VII	37,8° N - 40,5° N 1° W - 2° E
VIII	40,5° N - 42,5° N 0,0° W - 4,5° E
IX	38,3° N - 41° N 0,5° E - 5,5° E
X	26,5° N - 30,5° N 12° W - 20° W

Tabla 1 ROM 0.3-91. OLEAJE. Zonificación del litoral español a efectos de caracterización del clima marítimo.

A la vista de la tabla anterior, las Islas Baleares, y por tanto, los terrenos ocupados por la conducción de vertido de Andratx, se encuentran dentro de la zona IX, que abarca las siguientes coordenadas: 38,3°N-41°Ny 0,5°E-5,5°E.

10.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Existen dos fuentes de información, a saber:

- Información visual analizada por el Banco de Datos Visuales del CEPYC
- Información instrumental analizada del programa REMRO.

En el programa REMRO, la Boya correspondiente a Palma de Mallorca, con los siguientes períodos de medida: 1983/1986-1987.

10.4 ROSAS DEL OLEAJE

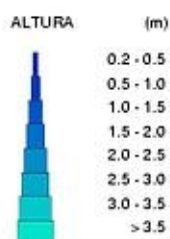
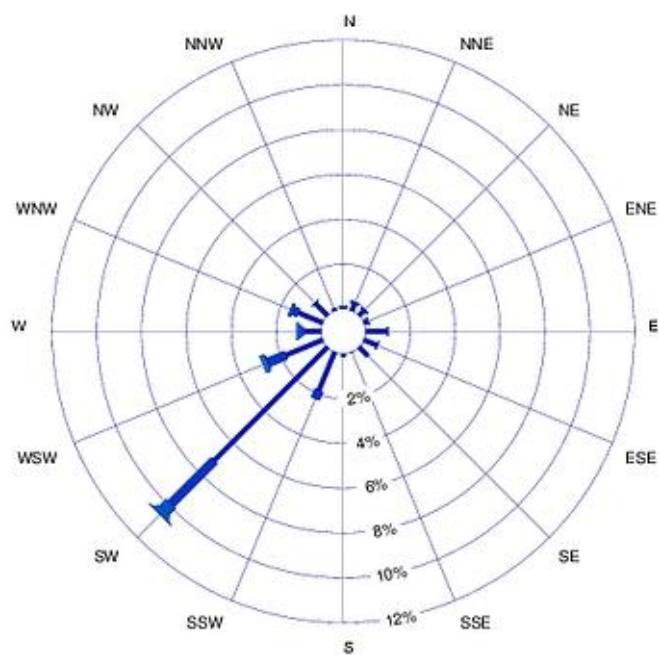
La distribución sectorial del oleaje (en sectores de 22.5°), puede apreciarse claramente en la correspondiente información del punto wana 2067036

Se adjuntan las rosas de oleaje:



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

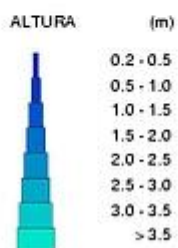
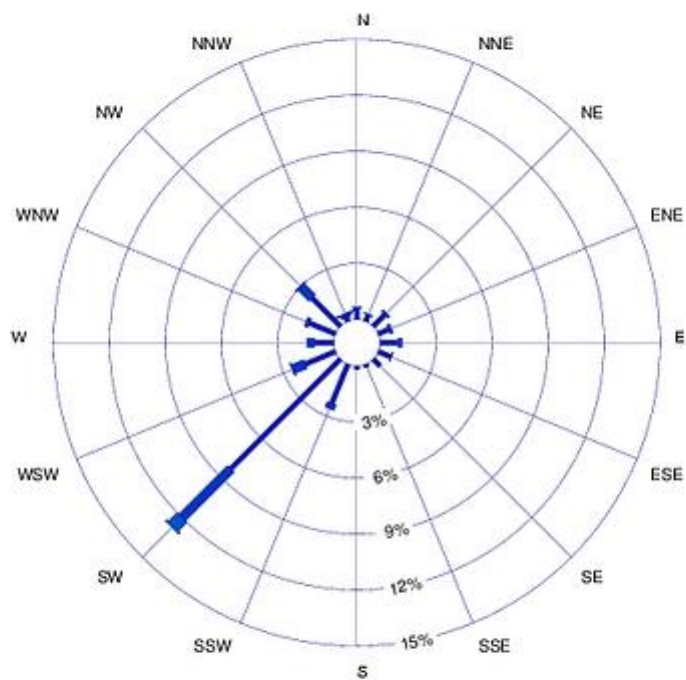
ALTURA (m)
LUGAR : WANA2067036 AÑO : 2000
T. MUESTREO : 3Hor. EFICACIA : 98.53 %





PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

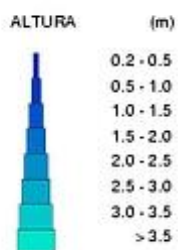
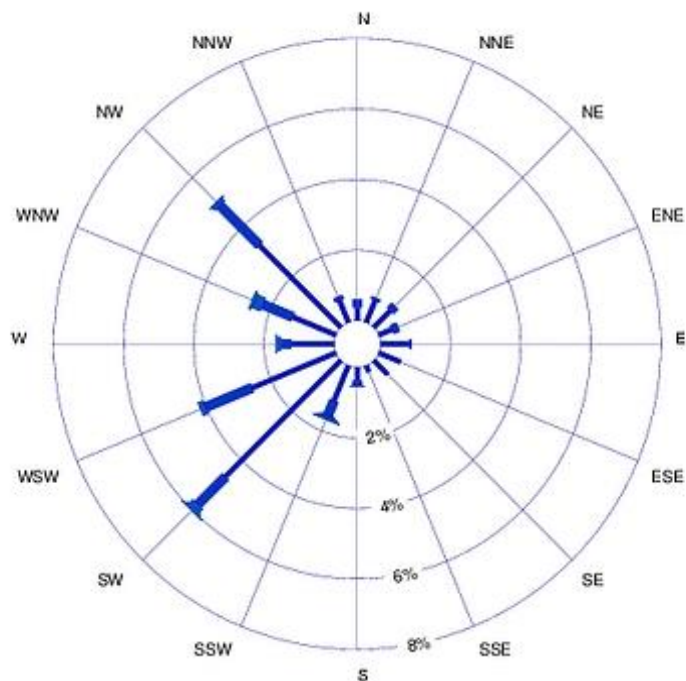
ALTURA (m)
LUGAR : WANA2067036 AÑO : 200*
T. MUESTREO : 3Hor. EFICACIA : 86.7* %





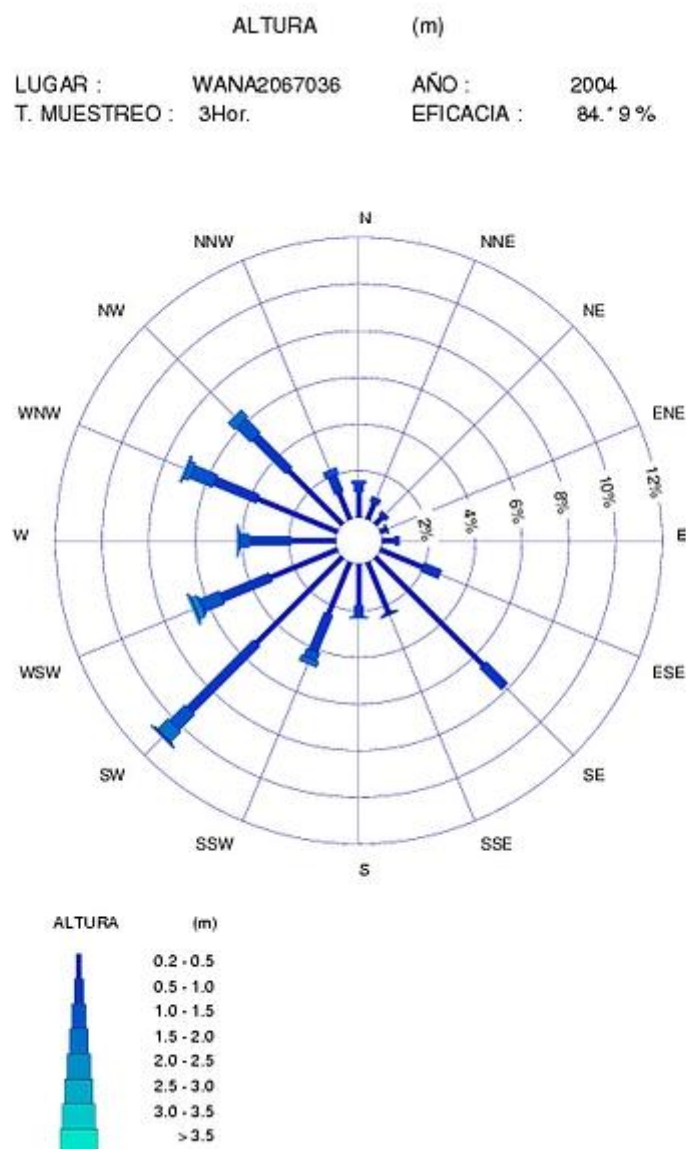
PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

ALTURA (m)
LUGAR : WANA2067036 AÑO : 2003
T. MUESTREO : 3Hor. EFICACIA : 92.64 %





PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM



De la rosas del oleaje deducimos que la dirección pésima es la SW, que será la dirección que consideremos para la altura de ola significativa.

10.5 REGIMEN DE OLEAJE

Se llama régimen de oleaje a la distribución de estados del mar en un año medio (distribución de alturas de ola significantes). El objetivo de la recopilación de datos es la obtención de las series históricas de las curvas de estados del mar durante n años consecutivos. El período de tiempo a partir del cual suponemos que las ondas comienzan a repetirse es de once años, y se llama ciclo. Un hiperciclo es un período de 2 años.



En la actualidad no se dispone de datos relativos a los estados del mar que lleguen a completar la serie de 11 años que define el ciclo.

El régimen de oleaje, también llamado régimen medio, mide probabilidades de excedencia.

Se admite que la muestra sigue una distribución normal o gaussiana. Se calculará para el año 2004 con los datos ofrecidos por Puertos del Estado en su página web. Se adjuntan todas las tablas de los años disponibles correspondientes al punto WANA 2067036. Aparecen respectivamente, la de 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 y 2004.

...	Tp (s)												Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0		
Hs (m)	<=0.5	9.227	30.575	32.369	9.520	1.318	0.439	0.073	---	---	---	---	83.523
	1.0	0.073	3.332	1.941	5.822	0.366	0.037	---	---	---	---	---	11.571
	1.5	---	0.769	0.183	2.014	0.806	---	---	---	---	---	---	3.772
	2.0	---	0.073	---	0.366	0.403	---	---	---	---	---	---	0.842
	2.5	---	---	---	0.073	0.183	---	---	---	---	---	---	0.256
	3.0	---	---	---	---	0.037	---	---	---	---	---	---	0.037
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	9.301	34.749	34.493	17.796	3.112	0.476	0.073	---	---	---	---	%	



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)												Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0		
Hs (m)	<=0.5	11.127	29.280	31.598	9.237	1.248	0.071	---	---	---	---	---	82.561
	1.0	0.107	3.352	1.997	6.883	0.392	0.107	---	---	---	---	---	12.839
	1.5	---	1.462	0.143	1.534	0.357	---	---	---	---	---	---	3.495
	2.0	---	0.392	---	0.107	0.250	---	---	---	---	---	---	0.749
	2.5	---	0.036	---	0.071	0.250	---	---	---	---	---	---	0.357
	3.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	11.234	34.522	33.738	17.832	2.496	0.178	---	---	---	---	---	%	



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)											Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	8.021	35.429	35.389	12.495	1.370	0.121	---	---	---	---	92.825
	1.0	0.081	1.653	1.612	2.620	0.322	0.161	---	---	---	---	6.449
	1.5	---	---	0.040	0.443	0.242	---	---	---	---	---	0.726
	2.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total		8.102	37.082	37.042	15.558	1.935	0.282	---	---	---	---	%



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)											Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	9.911	34.447	36.823	8.649	1.745	0.371	---	---	---	---	91.945
	1.0	---	1.411	1.411	3.378	0.297	0.297	0.037	---	---	---	6.830
	1.5	---	0.148	---	0.780	0.148	---	---	---	---	---	1.076
	2.0	---	---	0.037	0.074	0.037	---	---	---	---	---	0.148
	2.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	9.911	36.006	38.270	12.880	2.227	0.668	0.037	---	---	---	---	%



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)											Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	2.567	26.113	39.069	19.174	4.854	1.163	---	---	---	---	92.940
	1.0	---	0.481	0.802	1.243	0.923	1.524	0.562	---	---	---	5.535
	1.5	---	---	---	0.241	0.521	0.160	---	---	---	---	0.923
	2.0	---	---	---	0.120	0.201	0.160	---	---	---	---	0.481
	2.5	---	---	---	0.040	---	0.040	---	---	---	---	0.080
	3.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.5	---	---	---	---	0.040	---	---	---	---	---	0.040
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	2.567	26.594	39.872	20.818	6.538	3.049	0.562	---	---	---	---	%



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...		Tp (s)											Total
		<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	3.830	21.945	39.802	20.912	4.174	0.516	0.129	---	0.043	---	---	91.351
	1.0	---	0.818	1.162	1.979	1.807	1.592	0.172	---	0.086	---	---	7.616
	1.5	---	---	0.043	0.215	0.172	0.301	0.086	---	---	---	---	0.818
	2.0	---	---	0.043	0.043	0.086	---	---	---	---	---	---	0.172
	2.5	---	0.043	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.043
	3.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total		3.830	22.806	41.050	23.150	6.239	2.410	0.387	---	0.129	---	---	%



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)											Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	1.253	20.329	46.769	19.741	3.329	0.588	---	---	---	---	92.009
	1.0	---	0.470	0.783	2.977	1.332	0.744	0.196	---	---	---	6.502
	1.5	---	0.039	---	0.431	0.627	0.078	---	---	---	---	1.175
	2.0	---	---	---	0.118	0.118	---	---	---	---	---	0.235
	2.5	---	---	---	---	0.039	---	---	---	---	---	0.039
	3.0	---	---	---	---	0.039	---	---	---	---	---	0.039
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	1.253	20.838	47.552	23.267	5.405	1.488	0.196	---	---	---	---	%



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)											Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	2.520	21.016	42.114	20.935	3.943	0.650	---	---	---	---	91.179
	1.0	0.041	0.854	0.894	3.699	1.707	0.285	---	---	---	---	7.480
	1.5	---	---	---	0.528	0.366	0.041	---	---	---	---	0.935
	2.0	---	---	---	0.081	0.122	0.081	---	---	---	---	0.285
	2.5	---	---	---	---	0.041	---	---	---	---	---	0.041
	3.0	---	---	---	---	---	0.081	---	---	---	---	0.081
	3.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	2.561	21.870	43.008	25.244	6.179	1.138	---	---	---	---	---	%

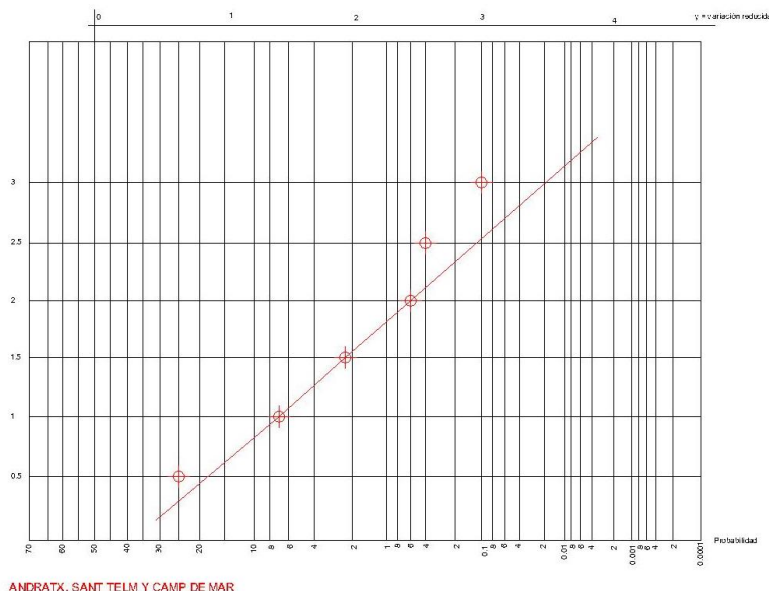


PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

...	Tp (s)											Total
	<=2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	>20.0	
Hs (m)	<=0.5	0.777	31.137	35.188	5.974	0.982	0.082	---	---	---	---	74.141
	1.0	---	1.964	10.925	4.910	0.655	---	---	---	---	---	18.453
	1.5	---	---	1.882	2.578	0.450	0.123	---	---	---	---	5.033
	2.0	---	---	---	1.227	0.368	0.082	0.041	---	---	---	1.718
	2.5	---	---	---	0.164	0.123	---	---	---	---	---	0.286
	3.0	---	---	---	0.082	0.123	---	---	---	---	---	0.205
	3.5	---	---	---	0.082	0.041	0.041	---	---	---	---	0.164
	4.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	4.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
	> 5.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.000
Total	0.777	33.101	47.995	15.016	2.741	0.327	0.041	---	---	---	---	%



Se ha calculado el régimen medio para los datos de 2004. Para ello se han representado los datos de dicho año en el papel probabilístico normal. Se adjunta a continuación el resultado:



El ajuste a la recta arroja el siguiente resultado:

$$H_{1/3} = 1.125 \sigma + 0.5 \mu$$

10.6 REGIMEN DE TEMPORALES

Se llama Régimen de temporales o régimen extremal a la distribución de alturas de ola significantes máximas a lo largo del tiempo.

La muestra de valores extremos no sigue una distribución gaussiana. Para el ajuste de regímenes extremales se utilizan diferentes funciones de distribución:

- Función de distribución Gumbell
- Función de distribución Weibull
- Función de distribución de Fredret.

Para la estimación de temporales, en este caso, no se utilizarán ninguna de las fuentes anteriores. Gumbell da un método asintótico basado en niveles de confianza (nivel de confianza de un 90 % para una muestra N=100).

De esta forma es posible obtener el régimen extremal de temporales a partir del régimen medio:

$$\sigma_E = 0.3752 \sigma_N + \mu_N$$

$$\mu_E = 2.3264 \sigma_N +$$



A partir de los datos obtenidos para el cálculo del régimen de oleaje, se obtiene la siguiente recta par ael régimen de temporales:

$$H_{1/3} = 0.419 \sigma + 3.1172 \mu$$

10.7 CONCLUSIONES

10.7.1 Determinación de parámetros para el cálculo estructural

Como primer paso para determinar el período de retorno de la obra es necesario calcular la vida útil, en años, mínima para obras o instalaciones de carácter definitivo, según la *tabla 2.2.1.1. de la ROM 02/90. OLEAJE*.

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)			
TIPO DE OBRA O INSTALACION	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

LEYENDA:

INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:
Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:
Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

NIVEL 1:
Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.
Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores o deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

NIVEL 2:
Obras e instalaciones de interés general.
Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

NIVEL 3:
Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional.
Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura. (Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

Tabla 2 de la ROM 02/90. OLEAJE. Vidas útiles mínimas para obras o instalaciones de carácter definitivo (en años)



Criterio:

- Consideramos el emisario como una infraestructura de carácter general
- Englobamos la obra como emisario local por lo que consideramos el NIVEL 1 como nivel de seguridad requerido.
- Por tanto la vida útil mínima es de n=25 años.

Como segundo paso determinaremos el coeficiente E de repercusión económica en caso de inutilización de la obra, según la tabla 3.2.3.1.2. de la ROM 02/90.OLEAJE

TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS			
a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS			
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS		
	BAJA	REDUCIDA	0,50
	MEDIA	REDUCIDA	0,30
	ALTA	REDUCIDA	0,25
b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL			
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice r: $\frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS		
	BAJA	REDUCIDA	0,20
	MEDIA	REDUCIDA	0,15
	ALTA	REDUCIDA	0,10
Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente. Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total. Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías. En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.			

Tabla 3 de la ROM 02/90. OLEAJE. Riesgos máximos admisibles para la determinación, a partir de datos estadísticos, de valores característicos de cargas variables para fase de servicio y condiciones extremas.

Criterio:

- Consideramos el emisario como una obra con un riesgo máximo admisible de destrucción total.

- La posibilidad de pérdida de vidas humanas es reducida, porque no es previsible la pérdida de ninguna vida humana, en caso de rotura del emisario.
- La repercusión económica en caso de avería del emisario en relación con la inversión realizada en su construcción será media.
- Por tanto el coeficiente E tomará un valor de 0,15.

El período de retorno lo obtendremos por tanto a partir de la ecuación:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n$$

De donde :

$$0,15 = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^{25}$$

Por tanto el período de retorno de la obra es de 154 años ($Tr=154$)

10.7.2 Altura de ola significativa

La altura de ola significativa para el cálculo en estado límite último del emisario, la vamos a obtener de la la tabla D Regimenes extrémales escalares del Atlas del Clima Marítimo en el litoral Español de la ROM 0.3-91.-OLEAJE.

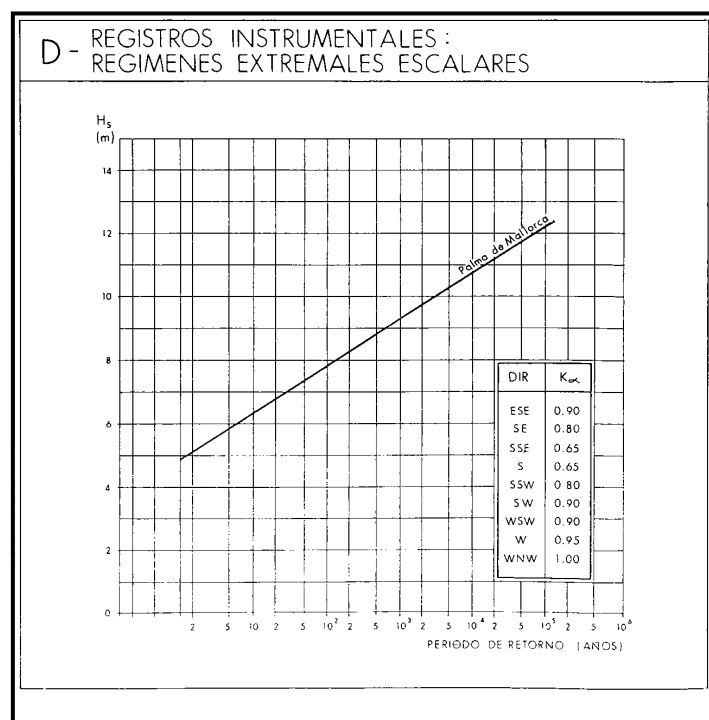


Tabla 4 Tabla D. Registros instrumentales: Regímenes extrémales escalares. Atlas del Clima Marítimo en el Litoral Español. ROM 0.3-91. OLEAJE



Entrando en la tabla con el período de retorno de la obra, obtenemos la altura de ola significativa asociada a un período de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental ($H_{s,R}$):

$$\frac{x - x_0}{x_1 - x_0} = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0}$$

de donde:

$$\frac{154 - 2}{500 - 2} = \frac{H_{s,R} - 5,2}{8,8 - 5,2} \Leftrightarrow H_{s,R} = 6,30m$$

El periodo de pico será, por tanto:

$$Tp = 4,2 \cdot \sqrt{H_{s,R}} = 4,2 \cdot \sqrt{6,30} = 10,54seg$$

El período significativo quedara:

$$Ts = 0,95 \cdot Tp \Leftrightarrow Ts = 0,95 \cdot 10,54 = 10,01seg$$

De la anterior tabla D obtenemos también, el coeficiente de reparto para la dirección pésima SW considerada.:

$$k_{\alpha} = 0,90$$

De la tabla 2.7.1. de la ROM 0.3-91. OLEAJE, obtenemos el coeficiente de refracción-shoaling (K_R) correspondiente a la propagación del oleaje.

PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

TABLA 2.7.1. COEFICIENTES DE REFRACCIÓN-SHOALING (K_r) CORRESPONDIENTES A PROPAGACIONES DE OLEAJES DESDE AGUAS PROFUNDAS HASTA EL EMPLAZAMIENTO DE LOS PUNTOS DE MEDIDA ANALIZADOS

ÁREA	PUNTO DE MEDIDA	T(s) DIR	7	9	11	13	15	17	19
I	BILBAO EXTERIOR	NW	—	0,98	0,93	0,86	0,80	0,80	0,90
		NNW	—	0,98	0,94	0,93	0,93	0,92	0,90
		N	—	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,80
		NNE	—	0,98	0,96	0,95	0,95	0,93	0,90
		NE	—	0,98	0,94	0,94	0,94	0,91	0,83
	GIJÓN	NW	—	0,86	0,82	0,80	0,76	0,84	0,82
		NNW	—	0,85	0,82	0,84	0,85	0,88	0,88
		N	—	0,93	0,98	1,02	0,99	0,91	0,84
		NNE	—	0,89	0,88	0,87	0,88	1,01	1,02
		NE	—	0,89	0,90	0,90	0,95	0,85	0,99
II	CORUÑA	W	—	0,97	0,90	0,89	0,71	0,81	0,82
		WNW	—	0,98	0,94	0,92	0,89	0,89	0,94
		NW	—	0,98	0,94	0,92	0,88	0,85	0,80
		NNW	—	0,97	0,92	0,85	0,82	0,81	0,78
		N	—	0,97	0,90	0,74	0,62	0,58	0,61
		NNE	—	0,98	0,96	0,88	0,79	0,54	0,54
		—	—	—	—	—	—	—	—
III	CABO SILLEIRO	NNW	—	1,00	0,97	0,92	0,88	0,89	0,85
		NW	—	1,00	0,97	0,94	0,91	0,89	0,88
		WNW	—	1,00	0,97	0,94	0,92	0,91	0,93
		W	—	1,00	0,97	0,94	0,91	0,91	0,93
		WSW	—	1,00	0,98	0,97	1,00	1,10	0,83
		SW	—	1,00	0,97	0,95	0,89	0,95	0,79
		SSW	—	1,00	0,97	0,93	0,85	0,82	0,80
		—	—	—	—	—	—	—	—
IV	SEVILLA	W	—	—	0,96	0,97	0,74	0,43	0,47
		WSW	—	—	0,97	0,88	0,72	1,11	1,24
		SW	—	—	1,10	1,26	1,97	1,52	1,02
		SSW	0,90	0,96	1,16	—	—	—	—
		S	0,91	0,91	0,91	—	—	—	—
	CÁDIZ	WNW	—	—	—	0,87	0,93	0,93	0,86
		W	—	—	—	0,81	0,77	0,98	1,08
		WSW	—	—	—	0,99	1,05	1,10	1,18
		SW	—	—	—	0,92	0,92	0,95	0,93
		SSW	0,96	0,92	0,92	—	—	—	—
		S	0,99	0,86	0,84	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
V	CEUTA	NW	0,94	0,91	0,82	0,72	0,66	—	—
		NNW	0,95	0,90	0,83	0,78	0,75	—	—
		N	0,95	0,92	0,93	0,94	0,97	—	—
		NNE	0,96	0,97	0,98	1,05	1,13	1,15	—
		NE	0,94	0,90	0,92	1,06	1,33	1,15	—
		ENE	—	—	0,79	0,67	0,66	0,93	—
	MÁLAGA	E	0,93	0,91	0,91	0,93	0,93	—	—
		ESE	0,95	0,95	0,95	0,90	0,84	—	—
		SE	0,94	0,90	0,89	—	—	—	—
		SSE	0,93	0,87	0,87	—	—	—	—
		S	0,93	0,85	0,82	—	—	—	—
		SSW	0,93	0,70	0,67	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—



PROYECTO DE ADECUACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE EMISARIO SUBMARINO Y
VERTIDOS AL MAR - EMISARIO SUBMARINO DE SANT ELM

TABLA 2.7.1. (Continuación).									
ÁREA	PUNTO DE MEDIDA	T(s) DIR	7	9	11	13	15	17	19
VI	CABO DE PALOS	NE	—	0,99	0,92	0,85	—	—	—
		ENE	—	0,99	0,95	0,85	—	—	—
		E	—	0,99	0,97	0,96	—	—	—
		ESE	—	0,99	0,97	0,94	—	—	—
		SE	—	0,99	0,96	0,94	—	—	—
		SSE	—	0,99	0,98	0,96	—	—	—
		S	—	0,99	0,98	0,97	—	—	—
		SSW	—	0,99	0,90	0,78	—	—	—
VII	ALICANTE	ENE	1,00	0,98	0,94	0,92	0,92	—	—
		E	1,00	0,98	0,93	0,88	0,90	—	—
		ESE	1,00	0,98	0,94	0,91	0,90	—	—
		SE	1,00	0,98	0,93	0,84	0,79	—	—
		SSE	1,00	0,97	0,90	0,85	0,81	—	—
		S	1,00	0,97	0,90	0,80	0,80	—	—
	VALENCIA I	NE	0,94	0,88	0,87	0,83	0,87	—	—
		ENE	0,94	0,90	0,79	0,75	0,80	—	—
		E	0,94	0,94	0,93	0,95	0,98	—	—
		ESE	0,94	0,91	0,93	0,95	0,96	—	—
		SE	0,94	0,89	0,89	0,89	0,89	—	—
		NE	1,00	1,00	0,98	0,94	—	—	—
		ENE	1,00	1,00	0,98	0,95	—	—	—
		E	1,00	1,00	0,99	0,96	—	—	—
VIII	PALAMOS	ESE	1,00	1,00	0,99	0,97	—	—	—
		SE	1,00	1,00	0,99	0,97	—	—	—
		SSE	1,00	1,00	0,99	0,97	—	—	—
		S	1,00	1,00	0,98	0,96	—	—	—
		SSW	1,00	1,00	0,99	0,96	—	—	—
		SW	1,00	1,00	0,99	0,95	—	—	—
		ESE	1,00	0,89	0,79	0,53	—	—	—
		SE	1,00	1,00	0,78	0,70	—	—	—
		SSE	1,00	0,97	0,90	0,85	—	—	—
		S	1,00	0,97	0,93	0,93	—	—	—
IX	PALMA DE MALLORCA	SSW	1,00	0,98	0,96	0,99	—	—	—
		SW	1,00	0,97	0,88	0,80	—	—	—
		WSW	1,00	0,98	0,96	0,96	—	—	—
		W	1,00	0,98	0,94	0,89	—	—	—
		WNW	1,00	0,99	1,05	1,12	—	—	—
		NE	0,92	0,67	0,62	0,60	0,58	—	—
		ENE	1,00	0,97	0,92	0,89	0,88	—	—
		E	1,00	1,01	0,87	0,79	0,75	—	—
		ESE	1,00	0,99	1,01	0,96	0,81	—	—
		SE	1,00	0,98	0,98	0,95	0,90	—	—
X	TENERIFE	SSE	1,00	0,99	0,96	0,91	0,92	—	—
		S	1,00	0,99	0,93	0,88	0,84	—	—
		SSW	1,00	0,97	0,91	0,85	0,81	—	—
		SW	1,00	0,98	0,92	0,86	0,84	—	—
	LAS PALMAS I	WNW	—	0,95	0,91	0,88	0,87	0,83	0,82
		NW	—	0,95	0,91	0,89	0,91	0,95	0,99
		NNW	—	0,95	0,89	0,85	0,81	0,78	0,77
		N	—	0,92	0,79	0,69	0,66	0,64	0,63
		NNE	—	0,94	0,72	0,61	0,60	0,60	0,60
		NE	0,92	0,67	0,62	0,60	0,58	—	—
		ENE	1,00	0,97	0,92	0,89	0,88	—	—
		E	1,00	1,01	0,87	0,79	0,75	—	—

Tabla 5 Tabla 5 Tabla 2.7.1. de la ROM 0.3-91 OLEAJE. Coeficientes de refracción-shoaling correspondientes a propagaciones de oleaje desde aguas profundas hasta el emplazamiento de los puntos de medida analizados.



Por tanto:

$$K_R = 0,925$$

La altura de ola significativa ($H_{s,0}$) asociada a un período de retorno en aguas profundas en una dirección determinada, puede obtenerse a partir de los resultados instrumentales disponibles por medio del coeficiente K_R , a través de la siguiente ecuación:

$$H_{s,0} = H_{s,R} \cdot \frac{K_\alpha}{K_R}$$

de donde

$$H_{s,0} = 6,30 \cdot \frac{0,90}{0,925} = 6,13m$$