

# Guía metodológica para la instalación de arrecifes artificiales



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE



# Guía metológica para la instalación de arrecifes artificiales



**2008**

**NOTA: Esta publicación se edita sólo en formato electrónico, no existiendo en formato papel**

*Catálogo general de publicaciones oficiales*  
**<http://www.060.es>**

Edita: Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Medio Ambiente ©

NIPO: 310-08-057-8  
ISBN: 978-84-8320-445-0  
Depósito legal: M-14.096-2008

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

- ***PARTE I: Marco General***
- ***PARTE II: Orientaciones para el desarrollo de proyectos de arrecifes artificiales***
- ***ANEJO I: Marco Legal***
- ***ANEJO II: Inventario de arrecifes***
- ***ANEJO III. Protocolo de descontaminación y acondicionamiento de buques, plataformas y otras estructuras marinas para la creación de arrecifes artificiales***
- ***ANEJO IV. Orientaciones para la elaboración de los contenidos de los estudios de impacto ambiental de los arrecifes artificiales***



# Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales

Parte I. Marco General.







## ÍNDICE

<b>PARTE I. MARCO GENERAL</b> . . . . .	1
<b>1. Introducción</b> . . . . .	1
<b>1.1. Alcance y ámbito de aplicación</b> . . . . .	1
<b>1.2. Definición y objetivos de los arrecifes artificiales</b> . . . . .	2
<b>2. Marco normativo</b> . . . . .	3
<b>2.1. Síntesis del marco normativo</b> . . . . .	3
<b>2.2. Ámbito competencial español</b> . . . . .	5
2.2.1. Ámbito competencial del Ministerio de Medio Ambiente . . . . .	5
2.2.2. Ámbito competencial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación . . . . .	10
2.2.3. Ámbito competencial de las Comunidades Autónomas . . . . .	12
2.2.4. Conclusiones . . . . .	14
<b>2.3. Criterios internacionales para la instalación de arrecifes</b> . . . . .	15
2.3.1. Convenio de Londres . . . . .	15
2.3.2. Convenio OSPAR . . . . .	16
2.3.3. Convenio de Barcelona . . . . .	17
2.3.4. Arrecifes artificiales en los Convenios OSPAR y Barcelona . . . . .	19
<b>2.4. Justificación de la Guía y papel del Ministerio de Medio Ambiente en el procedimiento de autorización de arrecifes artificiales</b> . . . . .	19
<b>2.5. Política de planificación en materia de arrecifes artificiales</b> . . . . .	20
<b>3. Tipología y clasificación de arrecifes artificiales según su uso</b> . . . . .	21
<b>3.1. Tipos de módulos de arrecifes artificiales</b> . . . . .	24
<b>3.2. Clasificación de los arrecifes artificiales según su uso o finalidad</b> . . . . .	28
3.2.1. Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico . . . . .	28
3.2.2. Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre la biota . . . . .	30
3.2.3. Arrecifes artificiales destinados a otros usos . . . . .	36
<b>3.3. Diseño, estructura y materiales</b> . . . . .	36
3.3.1. Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico . . . . .	37
3.3.2. Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre la biota . . . . .	37
3.3.3. Arrecifes artificiales destinados a otros usos . . . . .	41
<b>4. Efectos ambientales asociados a los diferentes tipos de arrecifes artificiales</b> . . . . .	42
<b>4.1. Efectos ambientales asociados al medio atmosférico</b> . . . . .	42
4.1.1. Efectos comunes . . . . .	42
4.1.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	42
<b>4.2. Efectos ambientales asociados al medio terrestre</b> . . . . .	43
4.2.1. Efectos comunes . . . . .	43
4.2.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	44
<b>4.3. Efectos ambientales asociados al medio marino</b> . . . . .	45
4.3.1. Efectos comunes . . . . .	45
4.3.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	48

<b>4.4. Efectos ambientales asociados al medio perceptual</b> . . . . .	50
4.4.1. Efectos comunes . . . . .	50
4.4.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	51
<b>4.5. Efectos ambientales asociados al medio social</b> . . . . .	52
4.5.1. Efectos comunes . . . . .	52
4.5.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	53
<b>4.6. Efectos ambientales asociados al medio económico</b> . . . . .	54
4.6.1. Efectos comunes . . . . .	54
4.6.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	54
<b>4.7. Efectos ambientales sobre infraestructuras y otros usos</b> . . . . .	56
4.7.1. Efectos comunes . . . . .	56
4.7.2. Efectos específicos por tipología . . . . .	56
<b>4.8. Efectos ambientales asociados al medio histórico y cultural</b> . . . . .	57
4.8.1. Efectos comunes . . . . .	57
<b>5. Análisis de proyectos y estado del arte en España</b> . . . . .	59
<b>5.1. Inventario de arrecifes artificiales</b> . . . . .	59

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Cúmulo de Módulos Cubo instalado en el AA de Chipiona-Rota (2005), dentro del denominado Núcleo Arrecifal Rota (NAR) que reúne varios cúmulos (“set”) y otras unidades de producción</i> . . . . .	21
Figura 2. <i>Tipos de agregación de unidades</i> . . . . .	22
Figura 3. <i>Estructuras de hormigón con elementos disuasorios</i> . . . . .	23
Figura 4. <i>Módulos de hormigón con elementos disuasorios</i> . . . . .	25
Figura 5. <i>Módulos de hormigón con orificios alveolares</i> . . . . .	26
Figura 6. <i>Pecios</i> . . . . .	27
Figura 7. <i>El uso de neumáticos ha generado auténticos desastres ecológicos</i> . . . . .	27
Figura 8. <i>Protección de la línea de costa frente al oleaje mediante un arrecife natural</i> . . . . .	29
Figura 9. <i>Ensayo de la incidencia de los arrecifes artificiales sobre el oleaje</i> . . . . .	29
Figura 10. <i>Protección de la línea de costa frente al oleaje mediante un arrecife artificial</i> . . . . .	29
Figura 11. <i>Diseño de un arrecife artificial (con brazos disuasorios) destinado a la protección pesquera</i> . . . . .	31
Figura 12. <i>Diseños de arrecifes artificiales destinados a la concentración de organismos marinos</i> . . . . .	32
Figura 13. <i>Langosta ocupando una cavidad de un modulo artificial</i> . . . . .	33
Figura 14. <i>Superficies del AA alveolar de Lloret de Mar a los 9 años de su instalación</i> . . . . .	33
Figura 15. <i>Diseño de arrecifes mixtos de hormigón y acero</i> . . . . .	34
Figura 16. <i>Diseño de arrecifes de protección mixtos instalados en el AA de Salobreña Granada, en un área afectada por el arrastre ilegal y por vertidos de materia orgánica, actuando en cierta medida como biofiltros</i> . . . . .	34
Figura 17. <i>Módulo alveolar con elementos disuasorios sobre una pradera de fanerógamas marinas</i> . . . . .	38
Figura 18. <i>Puesta de calamar en un módulo de producción</i> . . . . .	39
Figura 19. <i>Long-Line experimental de captación de semilla de mejillón instalada en el AA de Calafell (1991) empleando como elementos de anclaje módulos de protección del AA instalado en 1989</i> . . . . .	55

Figura 20. <i>Tabla del apartado de efectos ambientales</i> . . . . .	58
Figura 21. <i>Evolución de la instalación de arrecifes artificiales en el litoral español</i> . . . . .	60
Figura 22. <i>Número de arrecifes artificiales por Comunidades Autónomas</i> . . . . .	60
Figura 23. <i>Número de arrecifes artificiales por kilómetro de costa por Comunidades Autónomas</i> . . . . .	61
Figura 24. <i>Tipología y numero de arrecifes artificiales instalados en el litoral español (excluidos los de protección de la costa)</i> . . . . .	61
Figura 25. <i>Cifra global de arrecifes artificiales instalados en España por el Estado y por las Comunidades Autónomas</i> . . . . .	62
Figura 26. <i>Evolución de temporal de hundimientos de barcos</i> . . . . .	63



## **PARTE I. MARCO GENERAL**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

#### **1.1.- ALCANCE Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La metodología desarrollada en la presente guía se elabora con la intención de que sirva de orientación en la realización de proyectos técnicos para la instalación de arrecifes artificiales. La mayor parte de los arrecifes artificiales instalados a día de hoy en aguas de nuestro país, están destinados a fines básicamente pesqueros, relacionados con la preservación e incremento de los recursos pesqueros litorales (bien sean de protección de ecosistemas frente a pescas ilegales o de producción o atracción de especies de interés pesquero). Existen sin embargo muchas otras finalidades de los arrecifes artificiales, como la defensa de la costa, el fomento de actividades deportivas o la regeneración de ecosistemas degradados. Todas ellas serán contempladas en esta guía.

La Guía se estructura en dos partes diferenciadas, una primera relativa al marco general y una segunda que incluye orientaciones acerca del desarrollo de proyectos de construcción e instalación de arrecifes artificiales.

En la primera parte se incluye una breve introducción en la materia, un análisis del marco legal, una clasificación de los arrecifes según su finalidad y una descripción de los efectos ambientales asociados a cada uno de ellos.

La segunda parte se centra en el desarrollo de los aspectos más importantes a considerar en la elaboración de los proyectos de arrecifes artificiales. Se incluye un primer apartado relativo a la justificación y objetivos de la actuación; el segundo sintetiza la información que debe ser incorporada en los proyectos; un tercero en relación con los criterios de diseño y estudios necesarios; el cuarto incorpora un análisis de las ventajas e inconveniente de los distintos tipos de materiales; el quinto describe la información ambiental a obtener; el sexto presenta los criterios a tomar en consideración para la selección del emplazamiento, el séptimo hace referencia a la metodología de instalación o colocación de las estructuras; el octavo se refiere a la utilización de estructuras en desuso con fines de arrecife artificial y el noveno se centra en el contenido de los estudios de impacto ambiental. Finalmente el apartado décimo presenta el procedimiento administrativo a seguir para la autorización de arrecifes artificiales; el undécimo describe las directrices de los programa de seguimiento; el duodécimo hace referencia a las condiciones en que debe llevarse a cabo el desmantelamiento llegado el caso y en el décimo tercero se recopila la bibliografía de referencia.

Se completa con cuatro anejos, el primero de ellos relativo al marco legal, que incluye las referencias legales nacionales en la materia, el segundo relativo al inventario a fecha 1 de enero de 2.007 de los arrecifes artificiales existentes en España, el tercero incorpora un protocolo de descontaminación y acondicionamiento de barcos para su empleo como arrecife artificial y el cuarto presenta una serie de orientaciones metodológicas para la elaboración de los contenidos de los estudios de impacto ambiental de arrecifes artificiales.

## 1.2.- DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES

El origen del concepto “Arrecife Artificial” se atribuye a Japón y se data en el siglo XVIII, aunque desde mucho antes el hombre ha modificado las condiciones naturales del medio marino en su provecho. En escritos de Plinio el Viejo se cita el transporte e instalación de rocas desde otra localidad con semillas de ostra para su cultivo, aunque posiblemente la práctica de acumular diversos materiales con el fin de incrementar la recolección de organismos procede del neolítico (Seaman, W et al. 1991). En la práctica comenzó a utilizarse en EEUU en 1830. Su utilización se ha extendido a múltiples zonas del mundo, existiendo un buen número de definiciones diversas, en general haciendo referencia a la utilización que se les da a tales estructuras en el país en cuestión.

Así, por ejemplo, en las “Guidelines for the Management of Artificial Reefs in the Great Barrier Reef Marine Park” de Australia se definen como *“Cualquier estructura construida o colocada sobre el fondo marino, en la columna de agua o flotando sobre su superficie con el propósito de crear una nueva atracción para los buceadores o concentrar o atraer plantas o animales con fines pesqueros”*.

Dentro del contexto de los Convenios internacionales de protección del medio marino de los que España es parte contratante, OSPAR y Barcelona han optado por definir los arrecifes artificiales de una manera idéntica: *“Un arrecife artificial es una estructura sumergida colocada de manera deliberada sobre el suelo marino para imitar alguna de las características de un arrecife natural. Pueden estar expuestos parcialmente en algunos estados de marea”*.

La European Artificial Reef Research Network (EARRN), fundada mediante el programa “AIR” de la Comisión Europea, entiende por Arrecife Artificial, cualquier *“estructura deliberadamente sumergida sobre el sustrato (fondo), para imitar algunas características de los arrecifes naturales (Jensen, 1998)”*.

En el ámbito de la legislación española, el artículo 39 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la promoción de sus productos, define como arrecife artificial, *“el conjunto de elementos, constituidos por diversos materiales inertes y con diversas formas, o bien, los cascos de buques pesqueros de madera específicamente adaptados para este fin, que se distribuyen sobre una superficie delimitada del lecho marino con objeto de proteger, regenerar y desarrollar las poblaciones de especies de interés pesquero”*.

Esta definición presenta una visión de los arrecifes artificiales limitada a fines pesqueros, de manera que es necesario aportar otras definiciones, más amplias, de lo que se considera un arrecife artificial.

Teniendo en cuenta el ámbito de aplicación perseguido por la presente guía, se considera que la definición elaborada por el Convenio OSPAR y, posteriormente, adoptada en términos idénticos por el de Barcelona resulta la más adecuada. Por lo tanto, a los efectos de la presente Guía Metodológica, se adopta la siguiente definición:

***“Un arrecife artificial es una estructura sumergida colocada de manera deliberada sobre el suelo marino para imitar alguna de las características de un arrecife natural. Pueden estar expuestos parcialmente en algunos estados de marea”***.

El espacio ocupado por el arrecife artificial es el que incluye los módulos o unidades que lo forman, el espacio en planta sobre el fondo marino ocupado por éstos, el comprendido entre ellos hasta el perímetro del área donde se distribuyen y la columna de agua hasta la superficie sobre dicha área del fondo.

En cualquier caso, es un hecho que el hundimiento deliberado de objetos en el mar por parte del hombre, con objetivo distinto al de deshacerse de ellos, es algo que históricamente se ha llevado a cabo con múltiples finalidades. Desde la recreación de hábitats que pudieran incidir favorablemente en los recursos pesqueros, hasta la defensa de la costa frente a la acción erosiva del mar, pasando por la instalación de estructuras que protejan ecosistemas sensibles frente a prácticas pesqueras agresivas, como el arrastre, o la disposición en el fondo de elementos que puedan resultar atractivos al buceo recreativo, las razones que pueden motivar la creación de un arrecife artificial son diversas, y en muchos casos, complementarias. Más adelante se hace una revisión exhaustiva de las distintas finalidades y tipologías.

## **2.- MARCO NORMATIVO**

### **2.1.- SÍNTESIS DEL MARCO NORMATIVO.**

En el Estado español, la regulación existente en relación con los arrecifes artificiales ha nacido al amparo de la política pesquera que se ha venido desarrollando en España en el marco de las medidas estructurales de la Política Comunitaria de Pesca.

Este particular ha permitido que las actuaciones desarrolladas en España en la materia, con ciertos matices en cuanto a los procedimientos de autorización entre aquellas abordadas con anterioridad a 1990 y las posteriores, debido a la consideración de los mismos como estructuras móviles o instalaciones permanentes<sup>1</sup>, se hayan diseñado y ejecutado, salvo muy contadas excepciones, a partir de proyectos específicos, diseñados y construidos ex profeso y vinculados a la protección y regeneración de los recursos pesqueros y sus hábitats.

Esta situación ha dado lugar a que el espectro completo de posibles finalidades y tipologías de los arrecifes artificiales no haya quedado cubierto completamente en la actualidad por la normativa existente.

Por otra parte, el actual enfoque de los Grupos Científicos de los diversos Convenios Internacionales en los que participa España (Londres, OSPAR y Barcelona), que ha introducido el debate, aun en desarrollo, de la “colocación” de arrecifes artificiales, ampliando su definición a la “colocación en el mar de materiales con finalidad diferente a su mero depósito”, deja al Estado español en una situación que debe ser considerada de ventaja, en el sentido de que ya lleva desde hace más de dos décadas asumiendo sobradamente las directrices emanadas de las referidas discusiones científico-técnicas internacionales, especialmente en materia de estudios previos, calidad de materiales, previsión de conflicto de intereses, garantías del procedimiento de autorización, viabilidad técnica, justificación económica, análisis del impacto ambiental, programa de seguimiento, etc... Por contra, esta situación ha dado lugar a que en España no se haya previsto ni por tanto regulado otras posibilidades de “colocación en el mar de materiales”, que, no entrando

---

<sup>1</sup> El cambio de criterio lo provocó la aparición de la Ley de Costas y el Reglamento que la desarrolla en 1988 y 1989 respectivamente.

en colisión con el marco actual, amplíe su perspectiva y ámbito, dando lugar, dentro del ordenamiento jurídico en materia de protección y prevención ambiental y seguridad marítima y otros, a otros desarrollos posibles.

Dentro de un contexto general, el Informe emitido en julio de 2006 por el Consejo de Estado sobre “LAS COMPETENCIAS DE LAS DISTINTAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES Y ÓRGANOS DE LA ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO EN MATERIA DE PROTECCIÓN DE HÁBITATS Y ESPECIES MARINAS Y DE DECLARACIÓN Y GESTIÓN DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS” viene a clarificar las competencias que corresponden a la Administración General del Estado y a las Comunidades Autónomas para la gestión del medio marino.

En el mencionado informe, dentro del apartado IV.1.3, dedicado al análisis de las competencias estatutarias de las Comunidades Autónomas, se señala que *“en todos los Estatutos se atribuyen las competencias específicas de legislación/ejecución bien de protección ambiental, bien de conservación de la naturaleza, bien sobre espacios naturales protegidos y que en ninguno de ellos se extiende expresamente esa competencia al mar territorial (por lo que la extensión territorial de la competencia ha tenido que ser interpretada por el Tribunal Constitucional y los Tribunales Ordinarios), salvo en el caso de la Región de Murcia y del Principado de Asturias, en que el tenor literal de los respectivos artículos 10 de sus Estatutos de Autonomía si parece extender la competencia a las aguas interiores (pesca en aguas interiores, marisqueo, acuicultura y alguicultura y cultivo industrial (...), y protección de los ecosistemas en los que se desarrollen estas actividades”*.

Por otra parte, dentro del apartado IV.1.4 del mencionado Informe, que analiza el factor territorial, se señala que *“al no haber ningún Estatuto de Autonomía que haya declarado que el mar territorial adyacente forma parte del territorio autonómico (salvo por utilizaciones extensivas del lenguaje, por ejemplo, cuando se habla de transporte marítimo “en la Comunidad”), habiéndose expresamente evitado hasta la fecha la mención expresa de este posible ámbito marino en los Estatutos, puede interpretarse que existe el “entendimiento común” de que el territorio autonómico se extiende al ámbito de los municipios que integran la correspondiente Comunidad y a que éstos nunca se extendieron al mar territorial. Es decir, que el proceso de descentralización territorial español se hizo a partir de las unidades del territorio que decidieron dotarse de autonomía, por lo que, si previamente el mar territorial no formaba parte del mismo, es decir, de los municipios y provincias que manifestaron su voluntad de dotarse de autogobierno, difícilmente puede pretenderse que el mar pasara a formar parte del territorio autonómico; especialmente cuando este mismo principio se ha mantenido cuidadosamente en el texto de todos los Estatutos de Autonomía”*

*Y ello, no sólo por las razones que se acaban de señalar, sino, además, por las siguientes adicionales:*

*1.- El Tribunal Constitucional ha sido tajante en limitar el alcance territorial de las competencias autonómicas en el mar territorial a la excepcionalidad que supone la continuidad con el territorio autonómico mismo.*

*2.- Los Estatutos (o proyectos de Estatutos) que más estructuran sus propias competencias sobre la extraterritorialidad, son extremadamente cuidadosos en sentar el principio de limitación de esa extraterritorialidad sobre la base de entender que, en esos supuestos, para el ejercicio de la competencia, tendrán que actuar recabando la colaboración de la Administración territorial competente en el territorio en cuestión (Art.115 del nuevo Estatuto*



de Cataluña; artículo 43 del Estatuto de Andalucía; artículo 36 del proyecto de Estatuto de Illes Balears).

*3.- Porque en el mar territorial la intensidad del ejercicio de funciones de soberanía según el Derecho del mar es muy clara y todos los espacios marinos, por su propia naturaleza, están sometidos al principio de gobernabilidad global de los océanos, estando dicha gobernabilidad fuertemente impregnada de técnicas de cooperación internacional. Este último elemento es esencial ya que gran parte de lo que se puede o no hacer en estos espacios afecta de raíz al título competencial en materia de relaciones internacionales que el artículo 149.1.3ª de la Constitución reserva al Estado, máxime cuando la jurisprudencia del Tribunal Constitucional ha venido progresivamente potenciado un núcleo duro de este título competencial (véase, por todas, la STC 165/1994, de 26 de mayo). Cualesquiera medidas de conservación in situ de la biodiversidad marina que tengan proyección exterior, en especial las que impliquen el ejercicio de un ius contrahendi, originen obligaciones internacionales y actuables frente a poderes públicos extranjeros, incidan en la política exterior del Estado o generen responsabilidad de éste frente a Estados extranjeros u organizaciones inter.- o supranacionales, por parafrasear dicha STC, se verían inmediatamente afectadas por esta competencia estatal.*

*Estas últimas razones avalarían la interpretación de que, en el caso de los Estatutos que permiten el ejercicio funcional de competencias en aguas interiores (actualmente Asturias, Murcia y Cataluña) o en aguas exteriores del mar territorial (nunca, en la zona exclusiva, según los textos vigentes y proyectados actualmente) no se está realmente ante competencias compartidas en los términos “usuales” de división de competencias entre legislación básica/legislación- ejecución, sino ante competencias en las que la legislación básica en cualquier caso corresponde al Estado y la legislación de desarrollo en detalle y ejecución a ambos entes territoriales debiendo las mismas colaborar para hacer funcionales sus competencias mutuas. Se trata, pues, de competencias de ejercicio conjunto de las potestades de legislación y ejecución.*

Los arrecifes artificiales, desde el punto de vista jurídico, se ajustan a dos marcos legales, (nacional e internacional) que deben ser analizados separadamente.

## **2.2.- ÁMBITO COMPETENCIAL ESPAÑOL**

Dentro del ámbito de la normativa española, cabe distinguir los ámbitos de competencia de la Administración General del Estado (y dentro de la misma de los Ministerios de Medio Ambiente; Agricultura, Pesca y Alimentación; Fomento; Industria, Turismo y Comercio, etc.), y de las Comunidades Autónomas.

### **2.2.1.- Ámbito competencial del Ministerio de Medio Ambiente.**

#### **2.2.1.1.- Legislación en materia de Costas**

Desde esta óptica, un arrecife artificial, con independencia de su finalidad, tipología y características, debe considerarse en todos los casos una instalación permanente en el fondo marino que por tanto implica la ocupación de dominio público marítimo terrestre.

En este sentido, considerando el artículo 32.1. de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, que establece que *“únicamente se podrá permitir la ocupación del dominio público marítimo-terrestre para aquellas actividades o instalaciones que, por su naturaleza, no puedan tener otra ubicación”*, se trata de una instalación no prohibida y autorizable siguiendo el procedimiento de “concesión administrativa”<sup>2</sup> establecido en los artículos 60 y siguientes del capítulo V del título III, (relativo a la utilización del dominio público marítimo-terrestre), de la Ley de Costas, para la concesión de ocupación de terrenos de dominio público marítimo terrestre para instalaciones no desmontables.

Los primeros proyectos de arrecifes artificiales realizados hasta 1990 se desarrollaron considerando las estructuras que los formaban como estructuras móviles y realizando las actuaciones dentro de capítulos de inversión relativos a suministro e instalación de bienes. La entrada en vigor de la **Ley 22/1988 de 28 de julio de Costas** y su **Reglamento (RD 1471/1989 de 1 de diciembre)**, hizo que las actuaciones de Construcción e Instalación de arrecifes artificiales fueron consideradas **estructuras fijas** que requerían para su funcionamiento la **ocupación permanente del DPMT**, y por tanto la ejecución de **obra marítima** lo que de acuerdo a la citada Ley de Costas requería del preceptivo título administrativo habilitante para dicha ocupación del DPMT (artículo 31 de la LdC, artículo 59.2 y 60 del Reglamento de la LdC). Los contenidos más importantes de esta norma al respecto son:

- Una vez construido e instalado el arrecife artificial este queda incorporado al DPMT (artículo 4.9 de la LdC).
- Para hacer posible la resolución sobre la ocupación del DPMT se deberá elaborar el correspondiente proyecto técnico de construcción (artículo 42, 43, 44 LC, título III Capítulo II del Reglamento RD 1471/1989).
- El proyecto para su evaluación, se ha de someter preceptivamente a información pública y de organismos oficiales competentes (artículo 42.3 de la LdC y 86, 97 del Reglamento de la LdC).
- Las obras se deben ejecutar conforme al contenido del proyecto aprobado (artículos 90 y 91 del Reglamento de la LC y artículo 43 de la LdC).
- Los proyectos promovidos por organismos de la Administración del Estado son realizados previa declaración de reserva de uso por acuerdo del Consejo de Ministros (artículo 101 del Reglamento de la LdC) y llevará implícita la declaración de utilidad pública (artículo 47 de la LdC).

#### 2.2.1.2.- Legislación en materia de evaluación ambiental

El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental , como es obvio, deberá contemplar todos los aspectos relativos al procedimiento administrativo ambiental y al contenido de los Estudios de Impacto Ambiental e informes necesarios para cumplir con ese procedimiento, tal y como contempla la legislación consolidada al respecto (i.e. Ley 6/2001, de 8 de mayo, de Modificación del R.D. 1302/86, de 28 de Junio y Ley 9/2006. de 28 de Abril, sobre evaluación de los efectos de determinados Planes y Programas).

La necesidad de someter a trámite ambiental, según el marco legislativo citado anteriormente, debe ser contemplada en base a la nueva redacción del Artículo 1 del R.D.L 1302/1986, incluida en la Ley 9/2006 en sus apartados 2 y 3, donde se cita textualmente lo siguiente:

---

<sup>2</sup> En vez de “Concesión” se trata de “Reserva de Uso”, en caso de que lo promueva un Órgano de la Administración General del Estado.

*“2. Los proyectos públicos y privados consistentes en la realización de las obras, instalaciones o cualquier otra actividad comprendida en el Anexo I deberán someterse a una evaluación de impacto ambiental en la forma prevista en este R.D.L.*

*3. Los proyectos públicos y privados consistentes en la realización de las obras, instalaciones o cualquier otra actividad comprendida en el Anexo II, así como cualquier otro proyecto no incluido en el Anexo I que pueda afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Ecológica Europea Natura 2000, sólo deberán someterse a evaluación de impacto ambiental en la forma prevista en este Real Decreto Legislativo cuando así lo decida el órgano ambiental en cada caso. La decisión, que debe ser motivada y pública, se ajustará a los criterios establecidos en el Anexo III (...).”*

Tomando en consideración la definición de arrecife que se baraja en la presente Guía, los arrecifes artificiales, definidos y tipificados como tales, no quedan recogidos expresamente en ninguno de los anexos de los citados anteriormente en los apartados 2 y 3. Por ello, cabe concluirse de forma preliminar que estas estructuras tan sólo deberán someterse a procedimiento reglado de evaluación de impacto ambiental cuando su instalación repercuta directa o indirectamente a algunos de los espacios incluidos en la Red Natura 2000, siempre y cuando quede justificada su necesidad en base a los criterios establecidos en el Anexo III.

No obstante, siendo escrupulosos en el tratamiento y discusión de la problemática planteada, se debe tener presente lo dispuesto en el Grupo 6 del Anexo I, dedicado a “*proyectos e infraestructuras*”, donde se pone de manifiesto, en su apartado f, lo siguiente:

*“Obras costeras destinadas a combatir la erosión y obras marítimas que puedan alterar la costa, por ejemplo, por la construcción de diques, malecones o espigones y otras obras de defensa contra el mar, excluidos el mantenimiento y la reconstrucción de tales obras, cuando estas estructuras alcancen una profundidad de, al menos, 12 metros con respecto a la bajamar máxima viva equinoccial”.*

Teniendo presente esto último, deberán ser sometidos a procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental aquellos arrecifes artificiales que, según la clasificación descrita en la presente Guía Metodológica, se encuentren destinados a actuar sobre el medio físico y reúnan las características anteriormente mencionadas. Con respecto a aquellos otros que presenten evidencias de que puedan alterar la costa, deberían también ser sometidos a Evaluación Ambiental, aunque la valoración de éstas evidencias y por tanto la decisión de proceder a la tramitación de Evaluación de Impacto Ambiental le corresponderá al órgano ambiental.

#### 2.2.1.3.- Normativa en materia de política de aguas

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas o Directiva Marco del Agua (en adelante DMA), transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, en su art. 129, comprende en su ámbito de aplicación las aguas costeras, que quedan definidas como *las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.*

La instalación, de arrecifes artificiales de cualquier tipo dentro del ámbito geográfico regulado por la DMA **implica una alteración morfológica de la masa de agua**, pudiéndose generar en algunos casos (por ejemplo hundimiento de buques o plataformas offshore), una nueva fuente de deterioro de las masas de agua. Esta circunstancia se contrapone a los principios de la DMA, establecidos tanto en su Considerando como en el artículo 1., relativo al objeto de la norma: *“establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que: a) **prevenga todo deterioro adicional** y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos...”*.

Por lo tanto, estas iniciativas deben evaluarse a la luz de los objetivos medioambientales establecidos en el artículo 4, y del programa de medidas recogido en el artículo 11 de la DMA, al tratarse tanto de una alteración morfológica adicional de la masa de agua como, en el caso de hundimiento de buques, plataformas u otras estructuras, una incorporación de contaminantes del anexo VIII, aún considerando la hipótesis de un 100% de eficacia en la retirada de contaminantes. El impacto más importante no obstante, es la liberación al medio de sustancias prioritarias y peligrosas, algo que obliga a un proceso de descontaminación muy riguroso. En relación con las sustancias prioritarias consideradas en la Decisión 2455/2001, del Parlamento y del Consejo, por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias, desarrollando el Anexo X de la DMA, cabe destacar los metales pesados cadmio, mercurio, níquel y plomo, cuya presencia en la propia pintura y otros componentes de los buques es altamente probable, así como hidrocarburos aromáticos policíclicos y otros compuestos orgánicos cuya ausencia no puede garantizarse plenamente y quedan incluidos en la Directiva 2.006/11/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad.

Cabe plantear que la DMA establece en su artículo 4.7 determinadas excepciones que pueden, dentro del ámbito de la colocación de un arrecife artificial ser consideradas, si bien es importante remarcar que no evitar el deterioro del estado de una masa de agua superficial o subterránea tiene que ser debido a nuevas modificaciones de las características físicas de la masa de agua superficial, y debe cumplirse, entre otras condiciones, que se adopten todas las medidas factibles para paliar los efectos adversos en el estado de la masa de agua o bien que los motivos de las modificaciones sean de interés público superior y los beneficios para el medio ambiente y la sociedad que supone el objetivo principal de la DMA se vean compensados por ellas.

En cualquier caso, con independencia de las excepciones contempladas en la propia DMA, podrían considerarse como susceptibles de autorización aquellos proyectos que, aún suponiendo una alteración hidromorfológica de la masa de agua, tengan por objeto, y así se demuestre a través de los correspondientes estudios técnicos, una mejora en el estado ecológico de la misma según los criterios del anexo V de la Directiva.

Es necesario asimismo hacer referencia a la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de octubre de 2005, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva sobre la estrategia marina). Esta propuesta de Directiva, se sitúa en la línea marcada por la DMA, pero con un ámbito de aplicación que comprende la totalidad de las aguas marinas de los estados miembros, exactamente todas las aguas situadas allende la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden hasta el límite exterior de la zona bajo soberanía o jurisdicción de los Estados miembros, incluido el fondo de todas esas aguas y sus subsuelos, denominadas «aguas marinas».

La futura directiva obligará a los estados miembros a una evaluación del estado ecológico de sus aguas y el impacto de las actividades humanas, a determinar posteriormente el «estado ecológico satisfactorio» de las aguas bajo su responsabilidad en función de los criterios aún por definir y de los resultados de la evaluación de las aguas que hayan efectuado y a definir objetivos e indicadores para alcanzar el estado ecológico satisfactorio. Por último deberán establecer un programa de medidas concretas para alcanzar esos objetivos, así como programas de control coordinados para evaluar periódicamente el estado de las aguas de las que sean responsables y el cumplimiento de los objetivos que hayan definido.

Aunque quedan por definir los criterios explícitos que serán de aplicación, todas las actuaciones que supongan una merma del “buen estado ecológico”, que deberá ser definido en un plazo máximo de 4 años desde la entrada en vigor de la nueva Directiva, a partir de un conjunto de características correspondientes a un buen estado ecológico, basado en los descriptores cualitativos genéricos, los criterios y las normas previstas en el apartado 3 de la propuesta de Directiva, deberán ser evitadas o justificadas en base a causas de fuerza mayor o imperiosas de interés general.

En lo concerniente a los proyectos de arrecifes artificiales, esta Directiva no parece que vaya a establecer un marco más exigente para su instalación, pero sí se constituirá como un nuevo elemento normativo a tener en consideración en lo que se refiere a la obligación de garantizar la justificación y adecuación ambiental de todos los proyectos, en cualquier ámbito de ubicación.

#### 2.2.1.4.- Legislación en materia de Protección de la Naturaleza

La Directiva 92/43/CEE (Directiva Hábitat) representa el instrumento más importante de aplicación en todo el territorio de la Unión Europea (UE) para la conservación de los hábitats, las especies y la biodiversidad.

La transposición de la Directiva Hábitat a nuestro ordenamiento jurídico se realizó mediante el Real decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por la cual se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

Posteriormente, el Consejo de las Comunidades Europeas aprobó la Directiva 97/62/CE, de 27 de octubre de 1997, que adapta al progreso científico y técnico la Directiva 92/43/CEE. Básicamente consiste en una mejora, modificación y sustitución de los anexos I y II de la Directiva hábitats. En la legislación española, esta nueva directiva ha sido transpuesta mediante el Real decreto 1193/1998, de 7 de diciembre, por el cual se modifica el Real decreto 1997/1995.

La Directiva Hábitats obliga a los Estados miembros a seleccionar una serie de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) en base a la presencia de hábitats y especies definidos en los anejos de la norma. Una vez aprobadas por la Comisión las listas de LIC por regiones biogeográficas, estos LIC se tienen que declarar por los Estados miembros “zonas especiales de conservación” (ZEC). Estas ZEC, junto con las zonas especiales de protección para las aves (ZEPA) establecidas en virtud de la Directiva 79/409/CEE relativa a la conservación de las aves silvestres, conforman la Red Natura 2000.

En el artículo 6 de la Directiva Hábitat se establece la base para la gestión de los espacios de la Red Natura 2000, si bien, con la finalidad de proporcionar a los Estados miembros una

serie de orientaciones sobre la interpretación del mismo, la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea elaboró un documento que lleva por título "Gestión de Espacios Natura 2000. Disposiciones del artículo 6 de la Directiva 92/43/CEE". Según este documento, las obligaciones de los apartados 2, 3 y 4 del artículo 6 se deben aplicar a las ZEPA desde la entrada en vigor de la Directiva Hábitats y a los LIC desde que se aprueban las listas de LIC por parte de la Comisión, es decir, incluso antes de ser declarados ZEC por los Estados miembros.

Por tanto, y ya que las listas de LIC de las tres regiones biogeográficas presentes en el litoral español ya se han aprobado por la Comisión, los planes o proyectos que se lleven a cabo en áreas de la Red Natura 2000 se deben someter preceptivamente y con carácter previo a su ejecución a una evaluación de sus efectos sobre los hábitats y las especies.

### **2.2.2.- Ámbito competencial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.**

Desde esta óptica un arrecife artificial es, de acuerdo con los artículos 13 y 15 de la Ley 3/2001, de 26 de Marzo de Pesca Marítima del Estado, una *obra o instalación que puede realizarse en las zonas de acondicionamiento marino al objeto de favorecer la protección y reproducción de los recursos pesqueros*. Las zonas de acondicionamiento marino son uno de los tipos de zonas de protección pesquera que podrán declararse para favorecer la protección y regeneración de los recursos marinos vivos.

Es en los artículos 37 al 49 del Capítulo V (relativo al acondicionamiento de zonas marinas litorales), del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la producción de sus productos<sup>3</sup>, donde se establecen la definición, tipos, requisitos y procedimiento para la autorización de este tipo de instalaciones en aguas exteriores. En aguas interiores el respectivo órgano de la Comunidad Autónoma en materia de pesca es el competente para autorizarlas. Tanto en un caso como en otro, el procedimiento de autorización requiere el concurso de la Dirección General de Costas a través del otorgamiento de la concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre.

Profundizando en este ámbito, el Reglamento 2792/1999 del Consejo, por el que se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de

<sup>3</sup> Las disposiciones legales posteriores no introducen cambios en este particular:

- El Real Decreto 2287/1998, de 23 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura, y la comercialización, la transformación y la promoción de sus productos, no hace referencia a las zonas de acondicionamiento marino ni arrecifes artificiales.
- El Real Decreto 3448/2000, de 22 de diciembre, por el que se establece la normativa básica de las ayudas estructurales en el sector pesquero, si hace referencia a ellas, pero sólo en materia del régimen de ayudas y gastos subvencionables, sin introducir cambios conceptuales en las definiciones, criterios o procedimiento.
- La Orden de 28 de marzo de 2001 por la que se publica el modelo de autorización para la construcción de módulos y hundimiento de buques con casco de madera para su instalación como arrecifes artificiales en aguas exteriores, sólo desarrolla el R.D. 798/1995, de 19 de mayo, en lo relativo al modelo de autorización, sin introducir ningún elemento adicional.
- El Real Decreto 1048/2003, de 1 de agosto, sobre ordenación del sector pesquero y ayudas estructurales, que en relación con la materia sólo recoge la posibilidad del hundimiento sustitutorio al desguace para los buques pesqueros de madera que cumplan los requisitos exigidos por la normativa vigente, y se lleve a término en los lugares debidamente prefijados por la autoridad competente.

la pesca (adaptado por el Real Decreto 3448/2000 de 22 de diciembre), en su Título III que se refiere entre otros, a la Protección y Desarrollo de Recursos Acuáticos, en su artículo 13.1 contempla como medida de ser financiable por la UE la **instalación de elementos fijos o móviles destinados a la protección y desarrollo de recursos acuáticos**. Además de esto, para la percepción de las contribuciones financieras establece las **condiciones de sostenibilidad** que los proyectos deberán contribuir al efecto económico duradero de la mejora estructural buscada, deberán ofrecer una garantía suficiente de **viabilidad técnica y económica** y evitar efectos perversos, en particular la creación de capacidades de producción excedentarias.

En el Anejo III del mismo documento se definen las Condiciones Especiales y Criterios de Intervención que en su apartado 2.1 se refiere a las condiciones de las actuaciones susceptibles de recibir contribuciones de los fondos ÍFOP y en el caso de los proyectos de protección y desarrollo de los recursos acuáticos, establece que las ayudas se aplicarán a las inversiones necesarias para realizar la **instalación de los elementos fijos o móviles** (incluyendo la elaboración del proyecto técnico de obra y los necesarios estudios previos para su definición) y al seguimiento científico posterior a la actuación con la condición de que éstas;

- Presenten un **interés colectivo (utilidad pública** también contemplada por la Ley de Costas para los proyectos que implican la declaración de una reserva de uso).
- Sean **realizados por organismos públicos** o para estatales, organizaciones profesionales reconocidas u otros organismos designados a tal fin por la autoridad de gestión.
- **Carezcan de consecuencias negativas para el medio acuático**. Todos los proyectos de arrecifes artificiales desarrollados en España hasta el momento, se han basado en la condición fundamental de *hipótesis de impacto negativo nulo*, ya que sería una contradicción previa que un proyecto destinado a la protección y mejora de los recursos y ecosistemas de interés pesquero presentara *a priori* la posibilidad de tener consecuencias negativas para los ecosistemas marinos y los recursos naturales en general.

Además, se establece la condición de que cada proyecto de arrecifes artificiales deberá incluir un **seguimiento** científico durante al menos 5 años que tratará, en particular, la evolución de los recursos acuáticos en la zona marina donde se han realizado las actuaciones, debiendo de comunicar a la Comisión anualmente los resultados de dichos seguimientos.

El RD 3448/2000 no modifica el anterior **RD 798/1995 de 19 de mayo** en lo que se refiere al Título V sobre Acondicionamiento de Zonas Marinas Litorales, entendiéndose como tal (Art 37.1) la posibilidad de establecer zonas protegidas en aguas exteriores para la protección, regeneración y desarrollo de los recursos pesqueros en zonas marinas litorales, donde para conseguir este fin se podrán instalar estructuras fijas o móviles que se denominan arrecifes artificiales. La definición de una zona protegida requerirá informe previo del Instituto Español de Oceanografía en cuanto a su viabilidad e impacto sobre el entorno y sobre los recursos pesqueros (artículo 37.2).

De acuerdo con los fines anteriores, el Artículo 38 del RD 798/1995 atribuye al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación la facultad de autorizar la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores según el procedimiento establecido en el propio Real Decreto.

El artículo 39.1 define arrecife artificial a los efectos del RD como, *el conjunto de elementos, constituidos por diversos **materiales inertes** y con diversas formas, o bien, a los **cascos de buques pesqueros de madera** específicamente adaptados para este fin, que se distribuyen sobre una superficie determinada del lecho marino* (ocupación, del DPMT), con los objetivos citados. Igualmente se define el área de afección del arrecife artificial como un espacio del medio marino que incluye el conjunto del fondo marino donde se encuentran instalados los arrecifes y la columna de agua hasta la superficie sobre dicho fondo.

Los artículos 40 a 43 del RD 798/1995 establecen condiciones y características de los arrecifes artificiales, definiendo los dos tipos básicos según su finalidad en protección y producción. Por otra parte, se definen los requisitos de las estructuras en cada caso, limitando el uso de buques a los de casco de madera, previamente descontaminados y prohibiendo expresamente el uso de chatarra. Asimismo se regula el procedimiento de autorización, determinando la documentación necesaria para acometerlo y se establece el carácter de uso público de los mismos y la imposibilidad del derecho preferente de explotación.

En relación con el resto de arrecifes no vinculados directamente a la actividad pesquera, el Ministerio Agricultura y Pesca también debe emitir informe vinculante en su proceso de tramitación, tal y como impone el artículo 20 de la Ley 3/2001 de Pesca Marítima del Estado.

### **2.2.3.- Ámbito competencial de las Comunidades Autónomas.**

Las Comunidades Autónomas costeras, todas ellas en el ámbito común de sus competencias en la actividad pesquera en aguas interiores, han desarrollado desigualmente normativa específica sobre los arrecifes artificiales.

Las Comunidades Autónomas de Cantabria y la Región de Murcia<sup>4</sup>, habiendo sido especialmente esta última especialmente activa en la promoción y desarrollo de este tipo de instalaciones en su litoral, no han realizado hasta la fecha, ningún desarrollo reglamentario en materia de pesca marítima en aguas interiores. Tampoco lo han hecho para arrecifes artificiales con otra finalidad.

En un segundo grupo, las CC.AA. de Asturias, Cataluña, Galicia y País Vasco, que sí han publicado leyes y reglamentos en materia de pesca marítima y recreativa en aguas interiores, se han limitado a citar a los arrecifes artificiales como elementos que, en el marco de la ordenación de los recursos pesqueros, requieren autorización, sin desarrollar adicionalmente nada al respecto. La C.A. del País Vasco recoge específicamente los arrecifes artificiales en materia de regulación pesquera y régimen sancionador como zonas prohibidas a la pesca, sin aportar nada adicional.

En el último grupo se incluyen las CC.AA., que sí han abordado una regulación más o menos extensa en el ámbito de sus competencias en pesca en aguas interiores, desarrollando los arrecifes artificiales como una herramienta de gestión pesquera. Se trata de Andalucía, Baleares, Canarias y la Comunidad Valenciana. En cualquier caso, sus respectivos desarrollos se han realizado al amparo de la normativa nacional en la materia, no introduciendo, con excepción de la Comunidad Balear, ningún precepto adicional o enfoque distinto sobre la materia.

---

<sup>4</sup> En el caso de Murcia, existe un anteproyecto de Ley de Pesca Marítima y Acuicultura que se publicará de forma inminente.



La Ley 1/2002, de 4 de Abril de ordenación, Fomento y Control de la Pesca marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina de Andalucía, establece en su título II, relativo a la explotación racional de los recursos pesqueros en aguas interiores, concretamente en su capítulo II, relativo a las medidas de conservación y protección de los recursos, el concepto de arrecifes artificiales, como una de tales medidas de protección, aunque no se desarrollan ni los términos ni un procedimiento específico al respecto.

La Ley 17/2003, de 10 de Abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina de Canarias, en la sección I de su capítulo III, también establece medidas de protección y regeneración de los recursos pesqueros, y siguiendo la misma terminología que la normativa estatal, en su artículo 13 establece las zonas de acondicionamiento marino, y define a los arrecifes artificiales como instalaciones que permiten tal fin.

La Ley 9/1998, de 15 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de pesca marítima de la Comunidad Valenciana, en su capítulo III, relativo a las zonas protegidas de interés pesquero, establece los conceptos, definiciones y procedimiento a seguir para instalar arrecifes artificiales en aguas interiores, incluyendo el compromiso de su promoción desde la Administración competente autonómica. En todo caso, limita su definición a un *“conjunto de módulos o elementos que se instalan de objeto de proteger, regenerar y desarrollar los recursos pesqueros”*.

Por último la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares es la única que se ha dotado de un Reglamento específico para este tipo de medidas de conservación y protección, concretamente el Decreto 91/1997, de 4 de julio, de protección de los recursos marinos de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, posteriormente modificado por el Decreto 92/2005, de 1 de septiembre.

Las definiciones, objetivos y procedimientos de autorización no difieren sustancialmente de la legislación nacional, aunque sí hay ciertos matices que tomar en consideración: por una parte, define los arrecifes artificiales como *“conjunto de elementos contruidos con diversos materiales inertes y no contaminantes y de diversas formas, o bien los cascos de los buques de madera (ampliado a los de casco metálico mediante el mencionado Decreto 92/2005, de 1 de septiembre), específicamente adaptados para tal finalidad, que cumpliendo las normas establecidas se instalen sobre una superficie del fondo marino previamente delimitada”*; es decir, no liga a la definición de arrecife la finalidad de protección y conservación de los recursos pesqueros, aunque bien es cierto, que al tratarse de una norma específica, su propio ámbito, definido por el título, su exposición de motivos y concretamente su artículo I, relativo al objeto de la norma, establece que *“el objeto de esta norma es el de permitir la protección, la regeneración y el desarrollo de los recursos marinos vivos en las aguas interiores del archipiélago Balear”*. Por lo tanto, al incorporar el término “recurso”, cuya significación pertenece al ámbito económico más que al ecológico, y por lo tanto al pesquero, siguiendo la misma línea de la normativa nacional, no considera funcionalidades u objetivos distintos a los pesqueros.

El Decreto 92/2005, de 1 de septiembre, por el que se modifica el Decreto 91/1997, de 4 de julio, de protección de los recursos marinos de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, es el único que, a nivel autonómico, introduce un aspecto novedoso con respecto al marco normativo general, al dar cabida a los buques de casco de metal previamente descontaminados para la creación de este tipo de estructuras arrecifales artificiales. Entendiendo que su ámbito de aplicación es aquel en el que la Comunidad Autónoma Balear tiene competencias exclusivas en materia pesquera, que se limita a las aguas interiores, y considerando que la normativa nacional en materia de pesca se refiere a las exteriores, no

ha de entenderse este cambio de criterio como una contradicción de la reglamentación estatal.

#### **2.2.4.- Conclusiones**

De todo lo anterior se pueden extraer una serie de conclusiones:

- Los arrecifes artificiales no cuentan con una normativa básica que recoja todo el espectro de posibles usos y finalidades bajo los que pueden ser concebidos.
- La legislación pesquera estatal, con base en el Reglamento (CE) N° 2792/1999 del Consejo de 17 de diciembre de 1999 por el que se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, sí considera específicamente estas instalaciones y es la única desde cuyo ámbito se definen y reglamentan (artículos 37 al 49 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura, y la comercialización, la transformación y la promoción de sus productos; artículos 13 y 15 de la Ley 3/2001, de 26 de Marzo de Pesca Marítima del Estado).
- Esta normativa está especialmente dirigida a la regulación de la pesca en aguas exteriores, ya que en el caso de las interiores, el órgano competente pasa a ser la Comunidad Autónoma correspondiente, habiendo muchas de ellas establecido reglamentaciones específicas en el marco de sus competencias en materia pesquera.
- El citado desarrollo reglamentario de los arrecifes artificiales, se enmarca en el concepto de zonas de acondicionamiento marino y zonas de protección pesquera, que tiene por objeto favorecer la protección y regeneración de los recursos marinos vivos.
- Otros fines no quedan recogidos en la legislación nacional ni son expresamente prohibidos, por lo que las limitaciones y condicionantes establecidos para la instalación de arrecifes artificiales por el R.D. 798/1995, no proceden cuando el fin del arrecife es distinto al de favorecer la protección y regeneración de los recursos marinos vivos, es decir a los de protección y producción.
- Los arrecifes para la protección de la regresión costera y los arrecifes para el fomento de las actividades deportivas no quedan recogidos pues en la legislación existente y por tanto sus criterios y procedimiento de autorización no han sido establecidos reglamentariamente con el nivel de desarrollo deseable.
- La reglamentación autonómica, siempre en el ámbito de las aguas interiores, no introduce ningún aspecto relevante adicional, ni por la consideración de otros fines diferentes a los de protección y conservación de los recursos pesqueros, ni por la tipología, definiciones y procedimientos de autorización, con la salvedad de la legislación balear que admite los buques de casco de metal como potencialmente aptos para la finalidad de crear arrecifes artificiales.
- Independientemente de su finalidad, los arrecifes artificiales son instalaciones que conllevan la ocupación permanente de bienes dominio público marítimo terrestre, y por lo tanto, en todos los casos, sean aguas interiores o exteriores, se hace

necesario tramitar un procedimiento de concesión tal y como se establece en el capítulo V del título III de la Ley de Costas, y en los capítulos II, V y VI del título III del Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General para Desarrollo y Ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

- El procedimiento de concesión y las disposiciones que en lo relativo a proyectos y obras se establece en el capítulo II del título III del Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General para Desarrollo y Ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. Dado que los proyectos de arrecifes artificiales pueden tener una casuística especial, sobre todo en lo referente a la protección del medio ambiente marino, el condicionado de la concesión debiera de tener en cuenta las condiciones especiales de este tipo de proyectos.
- Aunque los proyectos de arrecifes artificiales desarrollados en España parten de una hipótesis de impacto nulo, esto no ha de ser necesariamente así en el caso de otros tipos de arrecifes diferentes a los de protección o fomento pesquero, a los que también se extiende la presente Guía.

## **2.3. CRITERIOS INTERNACIONALES PARA LA INSTALACIÓN DE ARRECIFES**

### **2.3.1. Convenio de Londres**

El “Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias 1972”, de forma abreviada “Convenio de Londres”, es uno de los Convenios mundiales más antiguos para la protección del medio marino respecto de las actividades humanas y está en vigor desde 1975. Su finalidad es promover el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino y la adopción de todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias. En la actualidad son 81 los Estados Parte en el Convenio, entre ellos España.

En 1996 se aprobó el “Protocolo relativo al Convenio de Londres”, con el objetivo de modernizar el Convenio y en su momento sustituirlo. De conformidad con este Protocolo se establece la denominada “lista inversa”, es decir, se prohíbe el vertimiento al mar de todos los desechos con la única excepción de los que se incluyen en tal lista y que son:

- 1.- Materiales de dragado.
- 2.- Fangos de depuradora.
- 3.- Desechos de pescado.
- 4.- Buques y plataformas.
- 5.- Materiales geológicos inorgánicos inertes.
- 6.- Materiales orgánicos de origen natural.
- 7.- Objetos voluminosos constituidos principalmente por hierro, acero y hormigón, en los casos de que exista dificultad de espacio para su gestión en tierra.

El Protocolo de 1996, ratificado por España en Marzo de 1999, y del que en la actualidad forman parte, además de nuestro país otras 27 Partes Contratantes, entró en vigor en marzo de 2006.

Ambos instrumentos (Convenio y Protocolo) mantienen una reunión consultiva anual y han constituido dos grupos científicos independientes, pero que trabajan de manera coordinada, que se reúnen también con carácter anual.

Dentro del Convenio de Londres se incluyó en las agendas de las Reuniones de los últimos años el tema de "colocación con un fin diferente al mero abandono", si bien hasta la 27ª Reunión Consultiva, celebrada en 2005, no se abordó una iniciativa concreta respecto a la redacción de orientaciones.

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se ofreció, entonces, a recopilar toda la documentación que pudiera existir en el ámbito internacional, de manera que pudiera servir de base para una futura redacción de orientaciones por parte del Convenio en esta materia.

En la 29ª Reunión del Grupo Científico, celebrada en Dalian (China) en junio de 2006, se presentó la recopilación de información realizada por el PNUMA y se creó un grupo de trabajo, con participación de 13 delegaciones y con la presidencia de España. Como resultado de las reuniones mantenidas por el mismo, se decidió la adopción de un enfoque para elaborar las directrices sobre la "colocación de arrecifes artificiales", alcanzándose el acuerdo de que un consultor externo, contratado por la Secretaría del Convenio de Londres, se encargara de elaborar el proyecto de directrices con vistas a su finalización durante la 30ª Reunión del Grupo Científico y adopción en la 29ª Reunión de Partes Contratantes, ambas a celebrar en 2007.

### **2.3.2. Convenio OSPAR**

El Convenio OSPAR para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste, firmado en París el 22 de septiembre de 1992, tiene como objeto principal prevenir y suprimir la contaminación así como proteger la zona marítima de los efectos dañinos de las actividades humanas. Este convenio entró en vigor el 25 de marzo de 1998, y España, como parte contratante del mismo, ha de adoptar las medidas necesarias para alcanzar los objetivos perseguidos en el convenio.

El ámbito de aplicación del Convenio OSPAR se divide en cinco estrategias: prevención y eliminación de la contaminación producida por vertidos de sustancias peligrosas, eutrofización de las aguas marinas, vertidos de sustancias radioactivas, vertidos desde instalaciones industriales en mar abierto, y la protección y conservación de los ecosistemas y la diversidad biológica. A estas estrategias se añade un Programa de vigilancia y evaluación del medio marino.

El órgano ejecutivo del Convenio es la Comisión OSPAR, que cada año discute y aprueba, por unanimidad o por mayoría de tres cuartos de las partes contratantes, una serie de decisiones y recomendaciones.

Las partes contratantes del Convenio OSPAR, se comprometen a adoptar todas las medidas posibles a fin de prevenir y eliminar la contaminación y proteger la zona marítima de los efectos dañinos de las actividades humanas. Se pretende así proteger la salud humana, preservar los ecosistemas marinos y, a ser posible, recuperar las zonas marinas que hayan sido perjudicadas por la actividad antropogénica. Por un lado se adoptan programas y medidas, ya sea por separado o en conjunto, y por otro, se procura armonizar las políticas y estrategias de cada una de las partes contratantes. Asimismo, éstas deben basarse en dos principios fundamentales para cumplir sus obligaciones: el principio de precaución y el

principio de quien contamina paga. Los programas adoptados en el Convenio han de tener en cuenta los últimos avances técnicos realizados y las mejores prácticas ecológicas y por supuesto, en ningún caso han de aumentar la contaminación fuera de la zona marítima o en otras partes del entorno.

Dentro del Anejo 2 del propio Convenio se prohíbe el vertido al mar de todos los desechos u otros materiales, excepto los siguientes:

- Material dragado.
- Materiales inertes de origen natural, es decir, material geológico sólido, no elaborado químicamente, cuyos componentes químicos no es probable que se liberen en el medio marino.
- Lodos de aguas residuales hasta el 31 de diciembre de 1998.
- Desechos de pescado de las industrias pesqueras.
- Buques o aeronaves hasta, a más tardar, el 31 de diciembre del 2004.

También en el mismo Anejo se establece que *“No se colocarán materiales en la zona marítima con fines distintos de aquellos para los que fueron diseñados o construidos originalmente sin autorización o reglamentación de la autoridad competente de la Parte Contratante correspondiente. Dicha autorización o reglamentación será acorde con los correspondientes criterios, directrices y procedimientos aplicables adoptados por la Comisión”*.

### 2.3.3. Convenio de Barcelona

España también es parte contratante, junto con otros 20 países mediterráneos y la Comisión Europea del Convenio para la Protección del Mar Mediterráneo contra la Contaminación, Convenio Barcelona, firmado en 1976 y modificado en 1995. El objetivo principal de este convenio es la reducción de la contaminación en la zona del mar Mediterráneo y la protección y mejora del entorno marino de esa zona para contribuir a su desarrollo sostenible.

Al Convenio de Barcelona se han anexionado seis Protocolos:

- Protocolo sobre prevención y eliminación de la contaminación del mar Mediterráneo causada por vertidos desde buques y aeronaves o la incineración en el mar (Barcelona, 1.976; enmendado en 1995).
- Protocolo sobre la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación causada por fuentes y actividades situadas en tierra (1.980, Atenas; enmendado en 1996).
- Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo (1.982, Ginebra; nuevo protocolo firmado en Barcelona en 1995).
- Protocolo para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación resultante de la exploración y explotación de la plataforma continental, el fondo del mar y su subsuelo (1994, Madrid).
- Protocolo sobre la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo causada por los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (1996, Esmirna).
- Protocolo sobre cooperación para prevenir la contaminación por los buques y, en situaciones de emergencia combatir la contaminación del mar Mediterráneo. (1.976, Barcelona; nuevo protocolo firmado en Malta en 2002).

El Convenio y sus Protocolos conexos fueron revisados en profundidad en 1995, a raíz de la experiencia acumulada y de los compromisos adquiridos en la Conferencia de Río de 1992. El nuevo Convenio enmendado, que pasó a llamarse Convenio para la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo, tiene como objetivo último evitar, reducir, combatir y eliminar la contaminación en el mar Mediterráneo, así como proteger y mejorar el medio en su ámbito territorial de aplicación y contribuir al desarrollo sostenible en los países ribereños. Las Enmiendas hechas en Barcelona el 10 de junio de 1995, entraron en vigor de forma general el 9 de julio de 2004.

En particular, el Convenio de Barcelona se centra en cuatro formas de contaminación: la contaminación causada por los vertidos de buques y aeronaves, la contaminación causada por vertidos accidentales desde buques, la contaminación derivada de la exploración y explotación de la plataforma continental, del fondo del mar y de su subsuelo, y la contaminación de origen terrestre.

Con vistas a reducir o eliminar los daños derivados de la contaminación en la zona del mar Mediterráneo, se ha establecido un mecanismo de cooperación e información entre las diferentes partes contratantes, en caso de situaciones de emergencia. Asimismo, las partes contratantes han de procurar crear un sistema de vigilancia continua de la contaminación.

Es necesaria una cooperación entre las partes contratantes en los ámbitos de la ciencia y la tecnología y la elaboración de procedimientos adecuados para la determinación de responsabilidades y la reparación de los daños causados por la contaminación como consecuencia del incumplimiento de las estipulaciones del Convenio.

En lo que se refiere al protocolo de vertidos, se establece la prohibición del vertido de desechos u otras materias, con excepción de:

- Materiales de dragado;
- Desechos de la pesca o de otros materiales orgánicos resultantes del procesamiento del pescado y otros organismos marinos;
- Buques, hasta el 31 de diciembre del año 2000;
- Plataformas y otras estructuras artificiales en el mar, a condición de que se hayan retirado en la mayor medida de lo posible los materiales capaces de crear detritos u otras materias flotantes que contribuyen a la contaminación del medio marino, sin perjuicio de lo dispuesto en el Protocolo para la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación generada por la exploración y explotación de la plataforma continental y del lecho marino;
- Los materiales geológicos inertes no contaminados cuyos componentes químicos es poco probable que se liberen al medio marino."

No obstante a lo anterior, y en lo que afecta estrictamente al objeto de la presente guía, en el Artículo 3 del protocolo de vertidos, se establece que no se entenderá como tal *"la colocación de materiales con un propósito diferente a su mero abandono, siempre y cuando dicha colocación no sea contraria a los objetivos del mencionado Protocolo"*.

#### **2.3.4. Arrecifes artificiales en los Convenios OSPAR y Barcelona**

Tanto en el Convenio OSPAR como en el Convenio de Barcelona, se han establecido una serie de directrices para la instalación de arrecifes artificiales, que España, como parte contratante de ambos convenios, se ve obligada a cumplir.

Las *Directrices Relativas a la Colocación en el Mar de Materiales con Fines Distintos de la Simple Eliminación*, (UNEP (DEC)/MED IG 16/8 20 de septiembre de 2005), es documento aprobado en la decimocuarta reunión ordinaria de las Partes Contratantes en el Convenio de Barcelona.

La *OSPAR Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources*, resultaron del grupo de trabajo creado al efecto, siendo aprobadas en la reunión de 1.999 de la Comisión OSPAR.

Ambos documentos, que por su gran interés se incluyen en el Anejo I, relativo al marco legal, caben ser interpretados como orientaciones que sirvan de base para que las Partes Contratantes puedan desarrollar su propia normativa específica. Dentro de este contexto, su interpretación y adaptación al grado de desarrollo de la actividad en España y las particularidades administrativas de nuestro país, hacen imprescindible un desarrollo adicional.

En la presente guía se han elaborado por lo tanto una serie de especificaciones que toman en consideración los pasos indicados en las directrices establecidas por estos convenios internacionales para la instalación de arrecifes artificiales, precisándolas y elevando en algún aspecto su nivel de exigencia técnica y ambiental.

#### **2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA GUÍA Y PAPEL DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE EN EL PROCEDIMIENTO DE AUTORIZACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES.**

El Real Decreto 1477/2004, de 18 de junio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Medio Ambiente, en su artículo 7, establece las funciones de la Dirección General de Costas en el ámbito de las competencias del Ministerio de Medio Ambiente, entre ellas, apartado b) del citado artículo, *“la gestión integrada, en el ámbito de lo establecido en las directivas europeas y en la normativa española, y la tutela del dominio público marítimo-terrestre, así como su policía y la de las servidumbres legales de su competencia, y, en particular, las relativas a la obtención, modificación y extinción de los títulos necesarios para la ocupación o aprovechamiento del dominio público marítimo-terrestre”*, y en el c) *“la participación en la representación del ministerio en los organismos internacionales y el seguimiento de los convenios internacionales en las materias de su competencia”*. En este sentido, la representación española en los convenios de Londres, OSPAR y Barcelona debe ser asumida, en el ámbito de sus competencias, por el Ministerio de Medio Ambiente, no pudiendo por tanto eludir la representación de la posición española ante los desarrollos que en materia de arrecifes artificiales se han promovido y se siguen promoviendo en el seno de estos tratados internacionales.

En este marco, el presente documento lo elabora la Dirección General de Costas con el objeto de clarificar la situación de vacío existente en relación con el procedimiento a seguir en el caso de arrecifes de finalidad distinta a la de favorecer la protección y regeneración de los recursos marinos vivos, particularmente los destinados a la protección de la costa y al fomento de las actividades deportivas. Trata asimismo de establecer los criterios técnicos y documentación exigibles a los mismos, con especial atención al hundimiento controlado de

buques con fines de arrecife artificial, recogiendo y desarrollándose las directrices internacionales citadas.

Por otra parte, en relación con los arrecifes de protección y producción que la legislación pesquera define, el presente documento aclara ciertos conceptos vinculados a la participación de la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente en el procedimiento de autorización y define el contenido de la documentación técnica a aportar para cubrir complementariamente las exigencias de autorización de las instalaciones por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en aguas exteriores y los respectivos órganos autonómicos en las interiores y las establecidas en el procedimiento de concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre que debe resolver la Dirección General de Costas. Asimismo integra las directrices internacionales anteriormente citadas en el procedimiento. Por último establece los criterios a seguir dentro de los programas de seguimiento de las instalaciones, tanto ambientales, atendiendo a la comprobación de las hipótesis de impacto planteadas a nivel de proyecto, como técnicos y económicos.

## 2.5. POLÍTICA DE PLANIFICACIÓN EN MATERIA DE ARRECIFES ARTIFICIALES

Las zonas costeras, cuya importancia estratégica como soporte de población, actividades productivas, diversidad biológica y fuente de recursos para todos los Estados miembros ha sido reconocida por la Unión Europea, se enfrentan con el reto de dar solución a problemas medioambientales y socioeconómicos que en muchos casos se manifiestan como severos. La Gestión Integrada de Zonas Costeras se perfila actualmente como herramienta clave destinada a fomentar el desarrollo sostenible de estas zonas.

En este marco, es patente la necesidad de una planificación espacial del mar que tenga en cuenta todos los usos posibles y plantee la posibilidad de que determinadas zonas deban ser excluidas de un determinado uso, en razón de sus valores o su idoneidad para ser destinadas a un uso diferente.

Este tipo de ejercicios se han desarrollado a nivel internacional con excelentes resultados. Desde el punto de vista sectorial, cabe destacar la *Acción Concertada para la Energía Eólica Marina en Europa*, auspiciada por la Comisión Europea, en cuanto a planificación territorial, destaca la iniciativa de *Gestión Integrada del Medio Ambiente Marino del mar de Barents y las áreas del mar de las islas de Lofoten*, elaborado por Noruega o el *Plan de Gestión Integrada del Mar del Norte 2015*, elaborado por Holanda.

En el Estado español este objetivo tiene su expresión más concreta e inmediata en el Plan Director para la Gestión Sostenible de la Costa, que el Ministerio de Medio Ambiente está abordando en la actualidad, entre cuyos objetivos fundamentales se encuentra la protección y conservación de la integridad de los ecosistemas litorales y marinos.

Otros objetivos propios de esta planificación son proporcionar un marco para el uso sostenible de los recursos naturales, el desarrollo de las actividades económicas y la compatibilización del espacio como soporte de diferentes infraestructuras. El plan debe convertirse en una herramienta que facilitará la puesta en valor del litoral español, manteniendo y donde sea posible y necesario mejorando la calidad ambiental de sus ecosistemas asociados. Todo ello requiere una clarificación del marco jurídico aplicable para el conjunto de actividades en nuestras aguas, que permita planificar su coexistencia sostenible.



En este contexto, es importante reseñar que la colocación de arrecifes artificiales debe ser una actividad más a tener en cuenta dentro de la planificación territorial. Mediante el procedimiento administrativo para la autorización de estas estructuras, que se describe en el capítulo 9 de la segunda parte de la presente Guía, el Ministerio de Medio Ambiente, a partir de la información contenida en el proyecto y la mencionada herramienta de planificación, con sus necesarias expresiones locales y sectoriales, considerará la oportunidad de implantación de este tipo de estructuras en distintas zonas del Dominio Público Marítimo Terrestre español.

### 3.- TIPOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES SEGÚN SU USO

Dentro de las medidas de protección, restauración y rehabilitación de ecosistemas costeros, aparecen los arrecifes artificiales como herramientas de ordenación y protección desde una perspectiva social y ecológica. Hay numerosos ejemplos a nivel mundial donde estas estructuras se han usado para realizar varias funciones, por ejemplo: la protección física de ecosistemas sensibles y frágiles, la adición o reposición de la complejidad de hábitats, creación de nuevos sustratos, o la sustitución de un recurso socioeconómico. Una de las funciones más importantes de los arrecifes artificiales es la protección y/o restauración de los hábitats naturales marinos, principalmente frente al peligro que supone las técnicas ilegales de pesca que amenazan con reducir críticamente la biodiversidad de especies dentro de la plataforma continental.

Antes de entrar en la propuesta de clasificación por tipologías, resulta conveniente hacer una breve reseña a la nomenclatura o terminología con que nos debemos referir a los distintos elementos que forman un arrecife artificial.

Grove and Sonu 1983, proponen una denominación de los elementos que forman un arrecife artificial de forma jerarquizada: llaman en orden ascendente de tamaño 1) unidad arrecifal 2) set arrecifal 3) grupo arrecifal 4) complejo arrecifal (Seaman et al 1991).

El elemento mas pequeño es la unidad, bloque individual que en España se suele denominar en la mayoría de los proyectos Módulo Arrecifal. Un "*Set Arrecifal*" reúne a varios módulos arrecifales o unidades. En España no hay una nomenclatura comparable, ya que cuando se han construido arrecifes artificiales con elementos amontonados en contacto unos con otros también se han denominado Módulos. Se propone pues el nombre de Cúmulo Arrecifal.

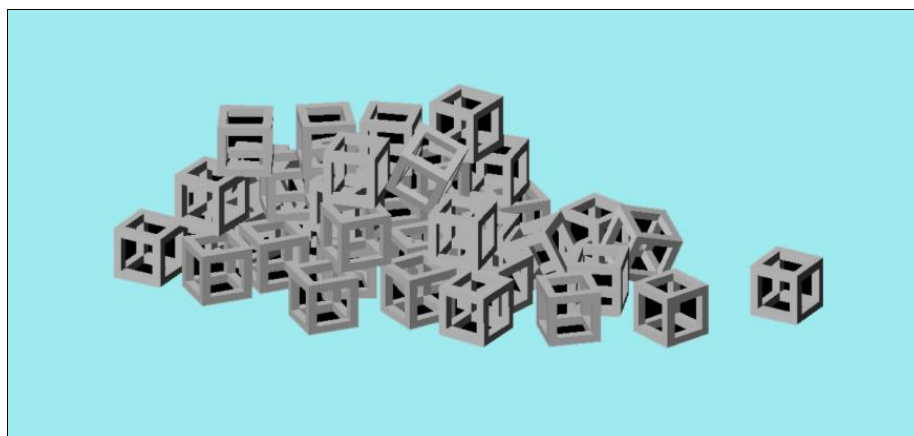


Figura 1. Cúmulo de Módulos Cubo instalado en el AA de Chipiona-Rota (2005), dentro del denominado Núcleo Arrecifal Rota (NAR) que reúne varios cúmulos ("set") y otras unidades de producción.

El “*reef group*” o Grupo Arrecifal se refiere a la reunión más o menos ordenada de varias unidades o Módulos Arrecifales y/o varios Cúmulos Arrecifales. En los proyectos realizados en España se han denominado comúnmente “Polígonos de Instalación” o “Polígono Arrecifal”. Cuando se ha tratado de arrecifes de protección se han denominado también “Barreras” o “Polígonos de Protección” y cuando se trata de un Arrecife Artificial de Producción/Concentración se ha llamado “Núcleo Arrecifal Alveolar” al agrupamiento de módulos alveolares. Se propone la denominación general de “Polígonos Arrecifales” y en especial “Polígono de Protección” para el caso de la forma de distribución en alineaciones de módulos arrecifales de protección y “Núcleo Arrecifal” o “Núcleo Alveolar” para el agrupamiento de varios módulos o cúmulos arrecifales de producción.

“Complejo Arrecifal” se refiere al conjunto de varios “Grupos arrecifales” y tiene una escala local o regional. Esto se correspondería con la reunión de varios Polígonos Arrecifales de Protección y/o varios Núcleos Alveolares y formaría lo que por lo general se ha denominado “Zona Arrecifal”. También se ha empleado para este nivel la denominación de “Polígono arrecifal” pero esto llevaría a confusión con el nivel anterior. Se propone la denominación de “Zona Arrecifal” para el conjunto de varios polígonos de protección y/o núcleos arrecifales.

De esta forma un Arrecife Artificial puede estar formado desde un único Polígono Arrecifal de Protección o Núcleo Arrecifal de producción hasta varias Zonas Arrecifales como ocurre en la mayoría de los casos.

Desde el punto de vista técnico, un arrecife artificial de producción en ocasiones, al instalarse en zonas abiertas alejadas de fondos rocosos naturales, debe llevar asociada un entorno ordenado mediante polígonos arrecifales de protección debido a su vulnerabilidad una vez se haya inducido la recuperación de los recursos locales al estar aislado.

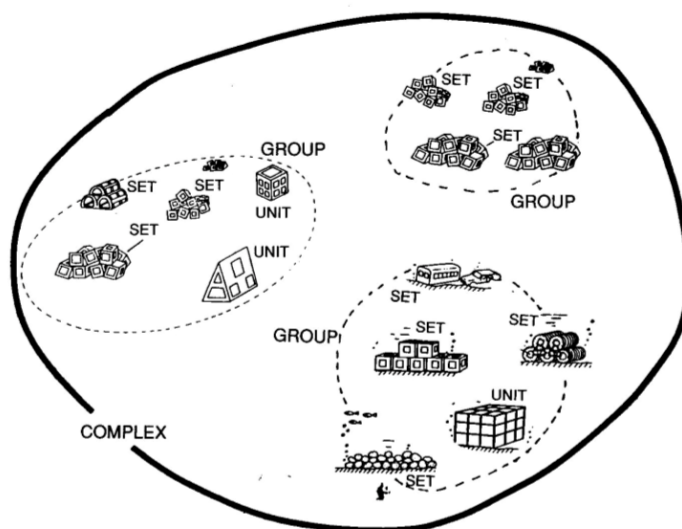


Figura 2. Tipos de agregación de unidades

Considerando en sentido amplio el concepto tipología, solo existen dos tipos de módulos para arrecifes artificiales que se distinguen tanto por diseño, como por disposición y funcionalidad:

- Módulos arrecifales de protección.
- Módulos o elementos arrecifales alveolares o de producción.

La unidad o módulo de protección se distinguiría por una baja relación de su volumen aparente frente a su peso. En el extremo de esa escala esta relación se hace igual a la densidad del material con que se construye. Con este tipo de módulos la función de protección puede ser para el medio físico, para el ecosistema o para otros usos. Un módulo de protección puede ser un bloque de escollera de hormigón o roca natural que cuando se trata de proteger el medio físico se disponga agrupado con estructuras continuas que hacen una ocupación exhaustiva del fondo marino, con elementos en contacto entre ellas y amontonados, pudiendo alterar de esta forma alguna característica física del ecosistema (energía del oleaje, profundidad de rotura de la ola, morfología litoral y transporte etc.). En el caso de los módulos también de protección, con otros diseños específicos, que se emplean para la protección de ecosistemas se disponen dispersos, ordenados o no, pero de forma que la ocupación del fondo marino por los módulos respecto a la superficie total de actuación o protección es prácticamente imperceptible desde el punto de vista de la alteración física del sistema (ocupación con módulos del orden del 0,03 por mil de la superficie de actuación), con lo que se trata de conseguir el objetivo de protección de determinadas biocenosis, un recurso local o el uso de ellos con la mínima alteración del sistema.

En el caso del segundo tipo, la referencia al término “alveolar” y no al de “producción”, se hace con intención de evitar la alusión a la controversia Atracción (concentración) / Producción, puesto que no existe una diferencia de diseño o distribución al referirse a esos efectos distintos que pueden tener aplicaciones o finalidades diferentes. En este sentido conviene aclarar la distinción: un módulo arrecifal de tipo alveolar desde el punto de vista de diseño tiene una relación elevada del volumen aparente con respecto a su peso alejándose del valor de la densidad del material del que está constituido (puede ser hormigón en un elemento arrecifal artificial de nueva construcción o del casco de un barco fuera de uso que se emplease para servir de arrecife artificial cuya relación volumen aparente/peso era tan alta que en su función original flotaba). Además de por esta característica de diseño, los módulos arrecifales alveolares generalmente se distribuyen próximos entre sí (incluso amontonados), tratando de asegurar su funcionalidad biológica individual.

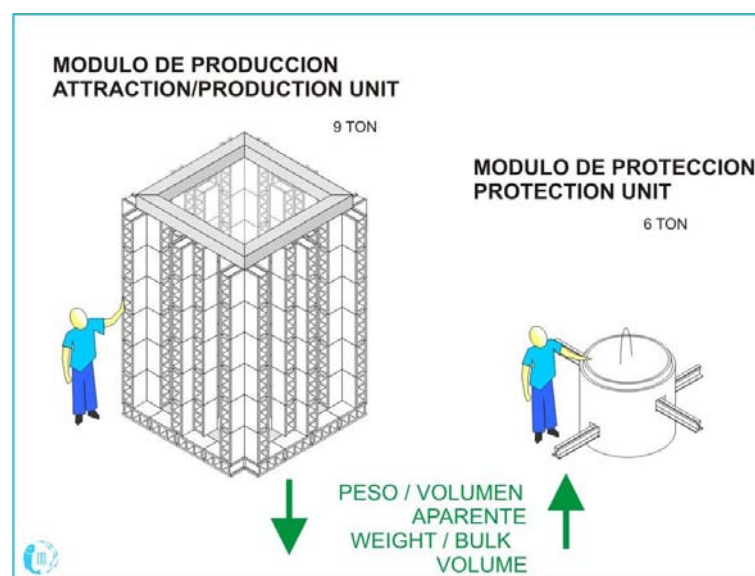


Figura 3. Estructuras de hormigón con elementos disuasorios

De cara a la clasificación de los arrecifes artificiales, resulta, pues, muy importante, distinguir los conceptos de tipo de módulos y función perseguida para el arrecife. Un arrecife artificial construido con un mismo tipo de módulo alveolar podrá tener una función dentro del

continuo atracción/concentración - producción dependiendo de factores diversos relacionados con su ubicación próxima o no a sistemas naturales, su explotación o no, etc. En muchos proyectos se ha destacado la funcionalidad como elementos disuasorios de la pesca de arrastre de los módulos de producción o alveolares lo que evidentemente es cierto por el peso propio del elemento pero que sin embargo no distingue la distribución óptima de estos elementos para la función de protección desde un punto de vista de optimización de costes/beneficio del diseño del proyecto.

En base a todo lo anterior, a continuación se establece una clasificación de los arrecifes, considerando, en primer lugar, los diferentes tipos de módulos que pueden ser utilizados y en segundo lugar las diferentes funciones o aplicaciones para las que pueden concebirse, sobre la base de su funcionalidad intrínseca

### 3.1.- TIPOS DE MÓDULOS DE ARRECIFES ARTIFICIALES

En el mundo existen multitud de estructuras que se han instalado como arrecifes artificiales, con diferentes objetivos. En España, hasta la fecha, estas estructuras no son muy variadas y presentan fines fundamentalmente de gestión pesquera y producción biológica, pero en otros países como Estados Unidos o Canadá, existe una gran variedad de diseños y composición de arrecifes artificiales.

A continuación se presenta una exposición comentada de las estructuras más comunes utilizadas como arrecifes artificiales:

#### A) ESTRUCTURAS ESPECÍFICAMENTE DISEÑADAS Y CONSTRUIDAS PARA SERVIR COMO ARRECIFE ARTIFICIAL

Aunque ya se ha mencionado anteriormente que en sentido estricto sólo existen dos tipos de módulos, los de protección y los alveolares, a continuación se presenta una clasificación basada en los materiales y diseños habitualmente utilizados:

- Bloques de hormigón: están compuestos por materiales de hormigón armado y macizo en varias morfologías normalmente cúbicas, aunque también existen diseños cilíndricos y piramidales. Estas estructuras, debido a su masa y diseño, suelen ser muy estables.
- Estructuras de hormigón con elementos disuasorios o antiarrastre: son bloques similares a los anteriores pero acompañados por estructuras anexas que le dan una complejidad mayor para un determinado fin. Normalmente estos elementos son vigas de acero o de hormigón que atraviesan los bloques en sentido vertical y horizontal, de modo que le dan más estabilidad a los bloques de hormigón en el fondo marino y consiguen la finalidad defensiva para la que son diseñados. Se trata, por tanto, de estructuras específicamente diseñadas para disuadir a los buques pesqueros que utilizan técnicas de arrastre a profundidades o sobre fondos no permitidos: inferiores a 50 metros en el Mediterráneo e inferiores a 100 m en el Cantábrico y Noroeste, o sobre praderas de fanerógamas marinas y fondos de coralígeno y maërl.

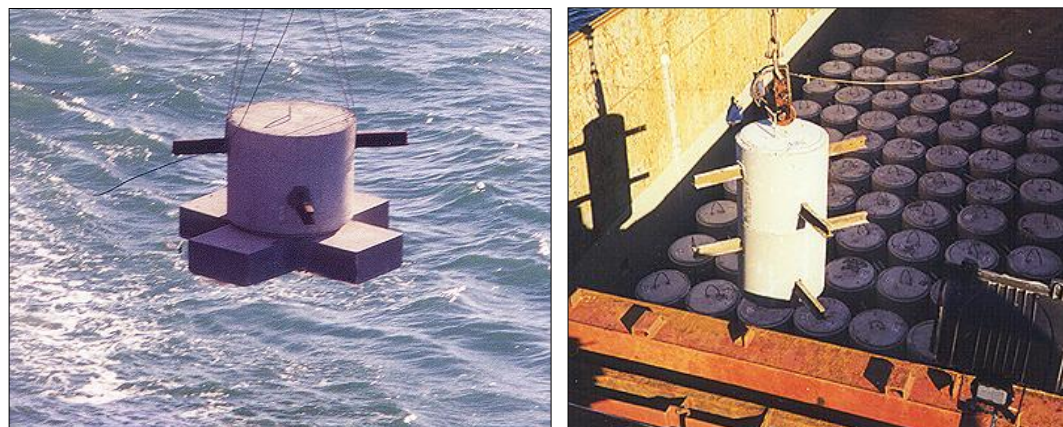


Figura 4. Módulos de hormigón con elementos disuasorios

- **Módulos de protección mixta:** un tipo especial de módulo de protección arrecifal es el “módulo de protección mixto”. Se trata básicamente de un módulo arrecifal de protección tanto por su relación peso/volumen aparente, como por su distribución en el polígono arrecifal. Se diferencian en que incluyen alguna característica propia de los módulos arrecifales de producción generalmente el aumento de superficie apta para fijación de organismos.

El encofrado exterior liso se sustituye por materiales o formas que permiten el crecimiento de una mayor biomasa sobre el módulo y mayor densidad de organismos filtradores, aunque su función sigue siendo la de módulo de protección. Este tipo de módulos no se colocan en zonas de una riqueza natural elevada como los fondos de maerl, proximidad a fondos de coralígeno o praderas de fanerógamas porque generalmente en estos lugares no es necesario un aumento de la diversidad ni de la abundancia sino proteger la que ya existe. Estos módulos se han empleado en la protección de zonas previamente degradadas o con una carga orgánica mayor de la habitual, generalmente ocupando fondos arenoso-fangosos donde funcionan como elementos de protección frente a la pesca ilegal de arrastre pero además inducen poblamientos no existentes con anterioridad en esas áreas fangosas al proporcionar sustratos “limpios” para la fijación de organismos que antes no se encontraban asociados a la zona.

Es importante destacar una idea: a los módulos de protección si se les puede dotar de cierta funcionalidad de módulo de producción aumentando, por ejemplo, su superficie para fijación de organismos, pero generalmente a los módulos de producción no es recomendable dotarles de “elementos estructurales” de protección puesto que los módulos o cúmulos de módulos alveolares ya tienen masa suficiente para funcionar como unidades disuasorias del empleo de artes de arrastre y sin embargo puesto que generalmente se hacen para crear nuevas zonas de pesca o para actividades de buceo, la presencia de elementos sobresalientes como vigas o elementos que provocan enganches de redes en módulos que se encuentran muy próximos entre si puede provocar un efecto negativo de pérdidas de artes que provocan las denominadas “pescas fantasma” esto es artes que se enganchan alrededor de los módulos del arrecife de producción, se pierden y que pueden provocar capturas improductivas e incontroladas durante largos periodos de tiempo.

- Módulos de hormigón con orificios alveolares: son bloques estructuralmente diferentes a los anteriores, aunque también compuestos de hormigón. Son estructuras usadas con fines productivos, por lo que están compuestas por numerosas cavidades cuya finalidad es que los organismos (flora y fauna) colonicen su superficie de la manera más eficiente posible con el fin de albergar la máxima biodiversidad y fomentar la producción de los recursos pesqueros.

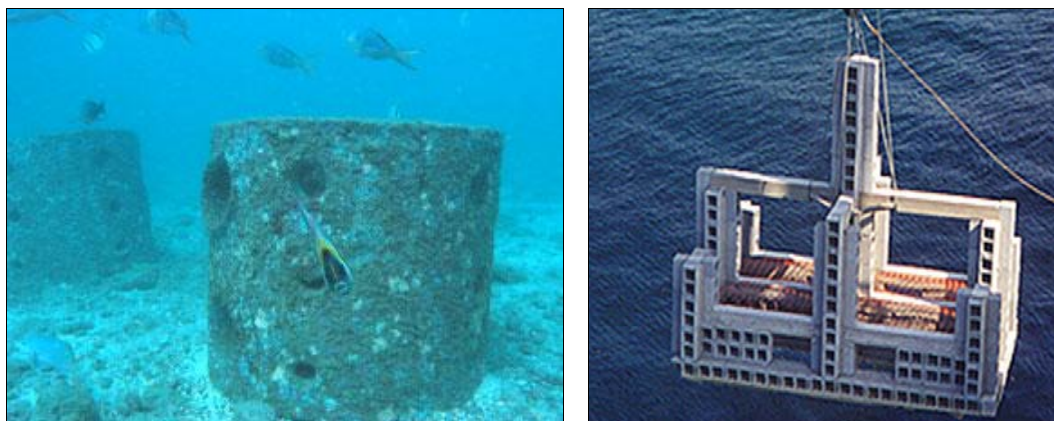


Figura 5. Módulos de hormigón con orificios alveolares.

- Estructuras de cerámica ramificadas: son estructuras similares a las de hormigón con elementos disuasorios en cuanto a su finalidad, protección de ecosistemas frente a arrastre. Su diseño y composición de materiales, en este caso de cerámicas, los diferencian de las estructuras de hormigón.
- Estructuras "Matrix" de PVC y hormigón con cavidades: son estructuras compuestas por PVC u hormigón de diseño complejo y alta superficie. Aunque originalmente estos módulos nacieron como simples elementos experimentales para recolección de organismos en áreas de arrecifes naturales, cuyas dimensiones los hacían elementos insignificantes desde el punto de vista funcional como inductores de cambios en el ecosistema, versiones modificadas del diseño original se han mostrado muy eficaces con fines productivos. Su finalidad, no obstante, es principalmente científica, de manera que todas sus caras queden completamente colonizadas y alberguen comunidades de una alta y rica biodiversidad.
- Diques exentos: son estructuras a base de bloques macizos de hormigón de numerosos diseños colocados a una cierta distancia de la costa (aunque los bloques pueden ser de otros muchos compuestos como los formados con contenedores de geotextil). Su principal función es la de proteger la línea de costa de la erosión litoral, pudiendo servir también para crear un oleaje propicio para deportes acuáticos como el surf.

## B) ESTRUCTURAS NO DISEÑADAS O CONSTRUIDAS ORIGINALMENTE PARA SERVIR COMO ARRECIFE ARTIFICIAL

- Pecios: Son cualquier tipo de buques colocados en el fondo marino, teniendo la capacidad de actuar como arrecifes. La utilización de buques para la creación de arrecifes artificiales ha sido una práctica muy generalizada en algunos países; principalmente, Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia o Nueva Zelanda. Por

su complejidad en sus estructuras, actúan en el medio marino como refugio de numerosas especies, con lo que aumenta la producción de especies de flora y fauna. No solamente se aprovechan los pecios abandonados por accidentes, sino que también se hunden intencionadamente con el propósito de conseguir estos fines bioacumulativos. En muchos casos, estos pecios hundidos han sido destinados como atractivo turístico para el submarinismo. En otras ocasiones, se ha combinado su función recreativa con la de regeneración artificial en zonas deterioradas, propiciando estructuras sobre las que pudieran desarrollarse animales, plantas y comunidades que necesitan sustratos duros para su fijación. Para esta práctica es indispensable que los pecios hayan sido adecuadamente limpiados de componentes tóxicos y ser situados con un riguroso criterio ambiental, realizando un seguimiento del impacto (positivo o negativo), que estas estructuras provoquen.



Figura 6. Pecios

- Rocas naturales: son comúnmente utilizadas en los diseños destinados a la protección de la línea de costa de la erosión litoral, pudiendo servir también para crear un oleaje propicio para deportes acuáticos como el surf. Se instalan siempre amontonadas y alineadas, creando escolleras o diques exentos.



Figura 7. El uso de neumáticos ha generado auténticos desastres ecológicos

- Estructuras en desuso: se trata de plataformas de exploración o explotación submarina, vagones de tren, aviones, pantalanes abandonados u otras estructuras antrópicas que han sido utilizadas como arrecifes artificiales de protección litoral y producción biológica. Otros elementos como los neumáticos se han venido utilizando en algunos países, habiéndose mostrado con el paso de los años como absolutamente ineficaces para el fin propuesto, ocasionando asimismo muchos problemas derivados de su inestabilidad, inaptitud para la fijación de fauna sésil, y deterioro estético y ambiental generalizado en las áreas

donde han sido instalados. Con carácter general, la utilización de objetos obsoletos prefabricados para otros usos, con fines de arrecife artificial, debe desaconsejarse firmemente, salvo que exhaustivos estudios previos garanticen su viabilidad.

- Módulos elaborados a partir de cenizas de carbón, cenizas de incineradoras o lodos de dragado fijados con cemento: son estructuras no muy comúnmente utilizadas basadas en una mezcla de cenizas fijadas con cemento que forman arrecifes artificiales simulando a los arrecifes naturales. La garantía de su estabilidad y su carácter inerte debe primar sobre cualquier otro aspecto en el uso de estas materias.

Aunque éstas sean algunas de las estructuras más utilizadas, cualquier objeto o estructura hundido en el fondo del mar es susceptible de ser colonizado y actuar como un arrecife artificial. Resulta necesario por lo tanto, establecer una serie de criterios para definir qué tipo de materiales y estructuras resultan adecuadas para su empleo como arrecife artificial.

### **3.2.- CLASIFICACIÓN DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES SEGÚN SU USO O FINALIDAD**

Como se ha comentado con anterioridad, la mayor parte de los arrecifes artificiales instalados en España presentan fines básicamente pesqueros, aunque también existen arrecifes de protección costera, de restauración de espacios alterados (por ejemplo por dragados para la obtención de arenas para alimentación de playas), y algunos cuyo principal objetivo es el fomento de actividades subacuáticas. Sin embargo los arrecifes artificiales pueden estar destinados a otros fines distintos a éstos. La forma, tamaño, material utilizado, profundidad de instalación y otros factores, serán determinantes para que un arrecife artificial cumpla adecuadamente con los propósitos para los que ha sido diseñado, por ello resulta necesario establecer una clasificación de los arrecifes artificiales en función de su objetivo o finalidad.

Los arrecifes artificiales, atendiendo a este criterio, pueden ser clasificados de la siguiente manera:

#### **3.2.1.- Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico**

Dentro de este grupo se incluyen cinco tipos de aplicaciones:

- **Arrecifes artificiales de protección costera**

Se trata de diques exentos o diques-arrecife, cuya función principal es la de disipar la energía del oleaje con el fin de proteger la costa frente a la erosión. Son diques de tipo bloques de hormigón con efectos en la hidrodinámica y la geomorfología (sobre las playas y el transporte litoral de arena). No obstante pueden originar alteraciones físico-químicas de la columna de agua y del sedimento. Según la profundidad, no deben afectar a la navegación marítima, aunque pueden llegar a dañar otras infraestructuras durante su colocación.





Figura 8. Protección de la línea de costa frente al oleaje mediante un arrecife natural

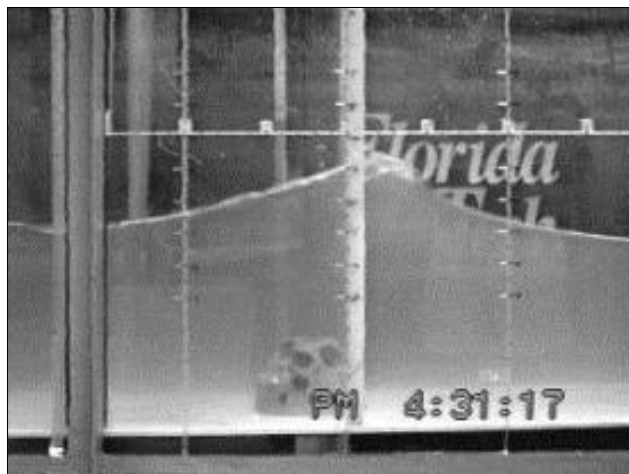


Figura 9. Ensayo de la incidencia de los arrecifes artificiales sobre el oleaje



Figura 10. Protección de la línea de costa frente al oleaje mediante un arrecife artificial

Es de interés reseñar la aparición de nuevos diseños de diques prefabricados de contención que podrían presentar una función mixta, ya que además de la principal, que es la de protección de la costa, su cara posterior podría incluir otras funcionalidades biológicas.

#### - **Arrecifes artificiales destinados al turismo y ocio**

Se trata de diques exentos o diques-arrecife, diseñados especialmente con el fin de producir un oleaje adecuado para la práctica del surf, colocándose a una cierta distancia de la línea de costa. A diferencia de los arrecifes artificiales de protección costera, los destinados al turismo y ocio pueden contener bloques de otra composición: geotextil. Es un material flexible que evita accidentes a los submarinistas y forman bloques que se conocen como geocontenedores. Tienen efectos en la hidrodinámica y la geomorfología litoral, y fomentan las prácticas de actividades acuáticas deportivas y el turismo.

- **Arrecifes artificiales polivalentes (protección costera y turismo y ocio)**

Son los llamados diques-arrecife polivalentes, destinados a facilitar las condiciones adecuadas para el uso recreativo o deportivo a la vez que protegen la costa.

Este es el caso de las barreras arrecifales sumergidas que pueden instalarse en algunas playas al objeto de crear las olas adecuadas para la práctica del surf. Asimismo en este grupo debemos incluir las escolleras sumergidas exentas que tienen por objeto la creación de playas artificiales allí donde el transporte litoral no las permite de forma natural y zonas de baño seguras en costas muy expuestas al oleaje.

- **Arrecifes artificiales destinados a la creación de zonas de fondeo**

Se trata de diques exentos o diques-arrecife que disipan la energía del oleaje con el fin de proporcionar áreas abrigadas para el fondeo de barcos pequeños. Estas zonas abrigadas fomentan además la práctica de ciertas actividades como los deportes acuáticos o la acuicultura.

- **Arrecifes artificiales para la protección de infraestructuras marinas**

De la misma manera que en el caso anterior, este tipo de arrecifes artificiales tienen como objetivo disipar la energía del oleaje pero con el fin de proteger infraestructuras marinas como pueden ser jaulas de acuicultura, emisarios submarinos o pequeños puertos.

**3.2.2.- Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre la biota**

Este grupo engloba la mayor parte de los arrecifes artificiales, con cuatro tipos de arrecifes según su finalidad.

- **Arrecifes artificiales destinados a gestión pesquera**

Se trata de los arrecifes más comunes en España, y presentan diferentes objetivos dentro de la gestión pesquera:

▪ **Arrecifes artificiales de protección**

Son estructuras generalmente de hormigón y con elementos disuasorios, destinadas a proteger los ecosistemas marinos frente a la pesca ilegal de arrastre y otras agresiones físicas. Estos bloques se sitúan a una profundidad de la costa normalmente inferior a los 50 metros en el Mediterráneo, de 100 m en el Cantábrico y Noroeste y a menos de 6 millas en el Golfo de Cádiz, con la finalidad de que los brazos disuasorios impidan la función de las redes de arrastre ilegales a esa profundidad.

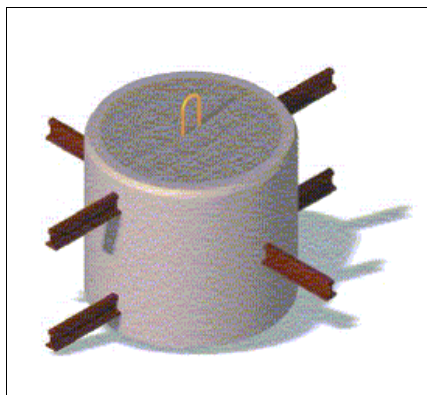


Figura 11. Diseño de un arrecife artificial (con brazos disuasorios) destinado a la protección pesquera

A diferencia de los arrecifes artificiales de producción, las unidades o módulos que los forman se distribuyen sobre el fondo marino separados entre sí de forma que se consiga proteger el máximo de superficie con el mínimo número de unidades. Generalmente se ordenan en “barreras” o polígonos arrecifales de protección en los que los módulos se distribuyen contrapeados en filas para cubrir las posibles trayectorias de los lances de arrastre de tal forma que la separación entre cada unidad es de entre 50 a 150 m. También se distribuyen en ocasiones de forma dispersa en un área más o menos al azar para crear obstáculos de posición peor predecible. La ocupación del fondo marino resultante en la mayoría de los arrecifes artificiales de este tipo proyectados en España con respecto al conjunto del área protegida por el arrecife artificial es de alrededor de un 0,05 por mil. Cuando se trata de la protección de praderas de fanerógamas o fondos de maerl se aplica un criterio de distribución de los polígonos de protección en función de la extensión, distribución y cartografía de las comunidades a proteger en un área determinada, de la morfología del fondo marino y de la presencia de otros obstáculos naturales que permitan reducir la instalación de módulos necesaria. En el caso de praderas de fanerógamas se preferirá la instalación de módulos fuera de las zonas ocupadas por las plantas, en segundo lugar en las zonas de menor densidad o más degradadas y en último lugar, si la pradera es densa y continua se instalará dentro de ésta.

Siempre se aprovecha la presencia de obstáculos naturales superficiales o sumergidos para optimizar la distribución de los polígonos arrecifales de protección y de esta forma instalar en el lecho marino la mínima cantidad necesaria para conseguir los objetivos de protección.

#### ▪ **Arrecifes artificiales de producción**

Su principal función es aumentar la biomasa de los recursos pesqueros, incrementando la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los mismos. Pueden ser estructuras muy variadas, cuyo diseño y material dependerá de la/s especie/s cuya producción se pretenda maximizar. Los diseños pueden llegar a ser de hormigón con estructura alveolar, pecios,

de tipo mixtos, tipo matrix o estructuras formadas mediante electrodeposición.



Figura 12. Diseños de arrecifes artificiales destinados a la concentración de organismos marinos

- **Arrecifes artificiales de concentración o atracción**

Si bien técnicamente no son diferentes a los de producción, siendo su diseño común con aquellos, se considera de interés clasificarlos independientemente ya que determinados aspectos a tener en cuenta en su proyecto son diferentes.

Su objetivo es atraer a ciertas especies y concentrarlas en una zona determinada, de manera que se hallen bien localizados para su pesca o para su observación si la finalidad es crear una zona de buceo deportivo donde esté prohibida la pesca. Pueden tratar de transformar la diversidad y abundancia de las especies presentes en el área con anterioridad a la instalación del arrecife artificial, por ejemplo cuando con un AA se transforma un fondo arenoso-fangoso afectado por vertidos orgánicos en un fondo limpio de sustratos duros donde puede desarrollarse una población de organismos filtradores, moluscos como el mejillón o la ostra, con una alta capacidad de filtración y que además dan lugar a una biota mas diversa que la presente antes de la instalación del arrecife artificial. En otras ocasiones no se trata de aumentar la riqueza biológica del ecosistema, sino de perseguir el fin concreto de concentrar ciertas especies en una zona determinada. Un problema de estas estructuras es que pueden actuar como trampas de pesca cuyo uso indiscriminado podría contribuir a la sobreexplotación de los recursos.

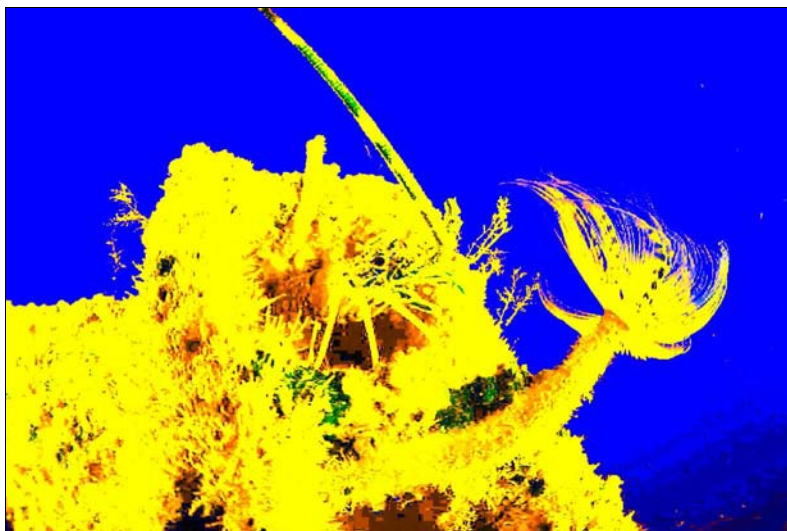


Figura 13. Langosta ocupando una cavidad de un modulo artificial



Figura 14. Superficies del AA alveolar de Lloret de Mar a los 9 años de su instalación:

- **Arrecifes artificiales mixtos (de protección y producción o atracción)**

El término mixto, en este caso, se refiere a las estructuras o módulos arrecifales de protección a los que se les dota adicionalmente de algún elemento de diseño propio de los módulos arrecifales alveolares o de producción y que de esta forma sin variar su función principal que es la de

servir de elemento disuasorio del empleo de determinadas artes o actividades, añade una funcionalidad biológica diferente. Un ejemplo bastante común es el de los módulos de protección antiarrastre contruidos con elementos prefabricados que aumentan su superficie para fijación de organismos un 200 a 400% sin perder su función principal y optimización de coste.

Por tanto se trata de arrecifes destinados a la protección de los fondos frente a la pesca de arrastre ilegal, a la vez que pretenden aumentar la biomasa de los recursos pesqueros en la zona, ya sea por producción o por atracción.



Figura 15. Diseño de arrecifes mixtos de hormigón y acero

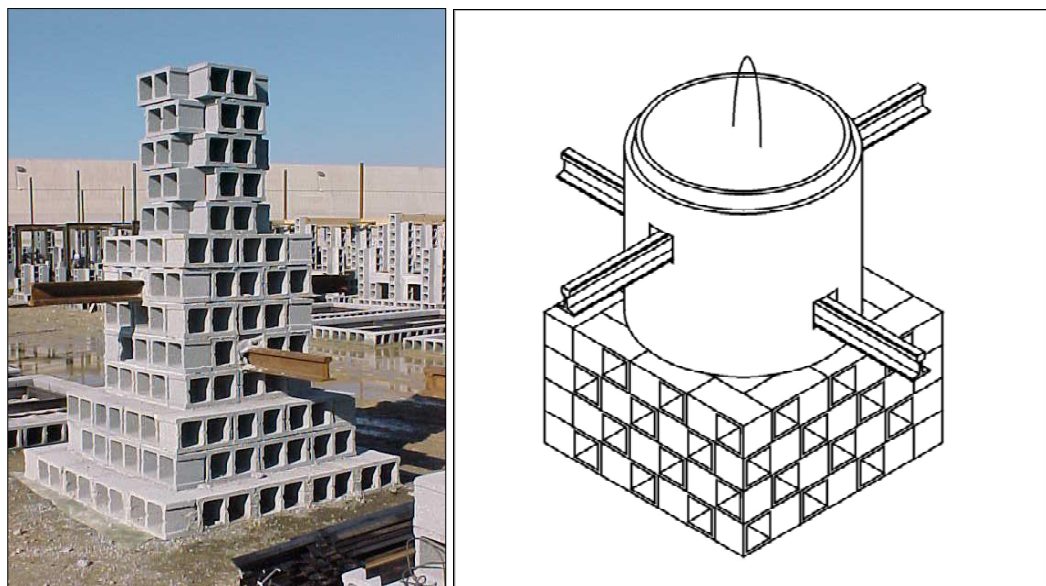


Figura 16. Diseño de arrecifes de protección mixtos instalados en el AA de Salobreña Granada, en un área afectada por el arrastre ilegal y por vertidos de materia orgánica, actuando en cierta medida como biofiltros.

- **Arrecifes artificiales como biofiltros**

El exceso de materia orgánica que se produce en diversas situaciones, como en las proximidades de las instalaciones de acuicultura, puede provocar condiciones de anoxia. Una solución a este problema es la colocación de arrecifes artificiales para facilitar la descomposición aeróbica de dicha materia orgánica. En el caso de los asociados a las jaulas de cultivo también se pueden liberar los alevines, tras su cultivo y preengorde, en zonas de arrecifes artificiales donde se alimentan de forma natural y al cabo de unos años se reproducen.

- **Arrecifes artificiales para el desarrollo de la maricultura**

La finalidad de estos arrecifes es la de suministrar sustrato para el cultivo de algas o moluscos. El diseño de la estructura dependerá de la especie que se pretenda cultivar. Pueden, además, ir asociados a las jaulas de acuicultura, actuando así como biofiltros. El inconveniente más importante que presentan estas estructuras es la posible desaparición de otras especies presentes normalmente en el medio.

- **Arrecifes artificiales con fines puramente ecológicos**

Se trata de arrecifes artificiales destinados a mejorar la calidad ecológica del medio, sin que exista ninguna motivación pesquera, y sí ambiental o conservacionista. Podrían agruparse en tres tipos diferentes en función del estado ecológico del lugar de ubicación del arrecife, previo a su instalación.

- **Arrecifes artificiales con el objetivo de incrementar la productividad de un ecosistema.**
- **Arrecifes artificiales con el objetivo de recuperar ecosistemas degradados.**
- **Arrecifes artificiales con el objetivo de inducir cambios en los ecosistemas.**

El diseño de estos arrecifes depende del tipo de ecosistema sobre el que se pretenda actuar.

En este grupo pueden incluirse los arrecifes artificiales que con la finalidad de mejora del medio en términos de productividad y diversidad, se pueden plantear como medidas de acompañamiento ante proyectos de infraestructuras en el medio marino. Es el caso de los arrecifes que potencialmente se pudieran proponer en las bases de las plataformas marinas de aerogeneradores u otras instalaciones. Es importante indicar que las escolleras y cualquier otra estructura instalada con un fin específico vinculado a la actividad principal que justifica la instalación (defensa estructural, protección ante el socavamiento, compensación de cargas etc.), no deben ser consideradas arrecife artificial aunque complementariamente pudiera cumplir funciones análogas. Para que tengan la consideración de arrecife artificial deben contar con un diseño y objetivos específicos para tal fin, incorporando criterios de diseño e instalación que vayan más allá de los estructurales.

### 3.2.3.- Arrecifes artificiales destinados a otros usos

#### - Arrecifes artificiales con la finalidad de fomentar el buceo recreativo

El objetivo principal de estos arrecifes es el fomento de actividades deportivas y con ello el aumento del turismo. Aquí se incluyen los pecios, que suponen un gran atractivo para la práctica del submarinismo. Este tipo de arrecifes contribuye además a descargar la presión turística que sufren algunos arrecifes naturales. Los pecios pueden ser estructuras antrópicas abandonadas en el medio marino accidentalmente, o estructuras en desuso deliberadamente hundidas persiguiendo la finalidad turística indicada. Además del hecho de bucear en un lugar de características estructurales singulares, es la observación de la fauna asociada la finalidad fundamental que se pretende, y por lo tanto en general es el efecto de atracción/concentración.

#### - Arrecifes artificiales con la finalidad de fomentar la pesca recreativa

El objetivo principal de estos arrecifes es el fomento o gestión de la actividad pesquera recreativa y con ello el aumento del turismo. Aquí se incluye cualquier tipo de estructura de tipo alveolar diseñada al efecto. Este tipo de arrecifes, igual que los anteriores, puede contribuir además a descargar la presión pesquera recreativa que sufren los arrecifes naturales de las inmediaciones.

#### - Arrecifes artificiales para la potencialidad educativa y científica

Se trata de arrecifes de producción o concentración cuyos objetivos no están relacionados con la pesca, sino que están destinados al estudio del comportamiento de los ecosistemas, con fines científicos y/o educativos. Se realiza un seguimiento de los organismos que colonizan el arrecife mediante diversas técnicas como marcaje, telemetría, observación, técnicas bioacústicas, etc.

Esta clasificación no implica que un arrecife artificial tenga que estar destinado a un único fin; al contrario, la mayoría de arrecifes artificiales suele permitir por lo general, más de una aplicación de entre las aquí descritas, gracias a su multifuncionalidad intrínseca.

### 3.3.- DISEÑO, ESTRUCTURA Y MATERIALES

La estructura y materiales de un arrecife artificial suelen depender principalmente del objetivo perseguido a la hora de diseñarlo, además de otros factores como son el económico o la disponibilidad de material.

Esto no significa que todos los arrecifes pertenecientes a una misma tipología, de las presentadas anteriormente, deban contar con la misma estructura y materiales; al contrario, existen multitud de diseños posibles para alcanzar un mismo fin. Bloques de hormigón de distinta morfología, diques de escollera, cascos de barcos, estructuras sencillas o complejas, ramificadas, de cerámica, de PVC, con mallas, etc., son algunas de las estructuras empleadas como arrecifes artificiales.

A continuación se describen, en función de las diferentes tipologías de arrecifes artificiales, algunos de los diseños y materiales más comunes.



### **3.3.1.- Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico**

Dentro de esta categoría de arrecifes artificiales existen diferentes tipologías, pero todas ellas presentan como objetivo principal disipar la energía del oleaje, bien sea para fines de protección, creación de playas artificiales, o para modificar la “forma” de las olas.

Este objetivo se suele alcanzar generalmente mediante la construcción de diques-arrecife, diseñados adecuadamente para cada caso en particular. Los diques-arrecife pueden ser diques exentos, que quedan totalmente sumergidos en el agua y revasables, o diques de baja coronación, cuya cota emerge ligeramente. El tamaño, forma y orientación de estos diques dependerá de cada caso y será función principalmente del oleaje, el transporte sedimentario y del objetivo para el que se haya diseñado el arrecife (tamaño de la zona a proteger, tipo de ola que se quiera conseguir, tamaño de la playa artificial que se quiera construir, etc.).

Como cualquier dique, los diques arrecife suelen ser diques de escollera, o bien diques verticales constituidos de hormigón armado. El material con el que se construya el dique dependerá una vez más de los objetivos perseguidos, así como de los factores económico y ambiental (disponibilidad o no de escollera, efectos de cada uno sobre el medio, etc.).

En el caso de diques-arrecife destinados a la práctica de actividades deportivas como el surf (arrecifes artificiales con fines turísticos y de ocio y diques-arrecife polivalentes), también se suele utilizar un material diferente. Se trata de los llamados geocontenedores, que consisten en grandes bolsas de material geotextil rellenas de arena y unidas entre sí formando una malla de alta tenacidad. Estos diques suelen ser de baja coronación. Es una técnica de construcción empleada en todo el mundo, especialmente en Australia y Nueva Zelanda, con la que se consiguen buenos resultados para la práctica del surf y el windsurf.

### **3.3.2.- Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre la biota**

Dentro de esta categoría, tal y como se expuso anteriormente, existen siete tipos de arrecifes artificiales con diferentes fines específicos, de los cuales la mayoría persiguen como objetivo principal la producción o concentración de organismos marinos. Únicamente los arrecifes artificiales de protección y los arrecifes mixtos, dentro de los arrecifes de gestión pesquera, tienen otra función que es la de proteger los ecosistemas presentes frente al uso de redes de arrastre y otros daños mecánicos. Los objetivos concretos perseguidos para cada arrecife serán determinantes a la hora de definir los diseños, estructuras y materiales más adecuados para cada uno de ellos.

#### **3.3.2.1.- Arrecifes artificiales de protección pesquera**

El diseño de los arrecifes artificiales de protección es función de las características de la flota y del tipo de fondo. Suelen ser generalmente bloques de hormigón armado, macizos o huecos en su interior, cuya forma (cúbica, cilíndrica, mixta, etc.) depende principalmente del factor económico. Es importante que sean estructuras pesadas, de manera que queden ancladas adecuadamente al fondo y no puedan ser arrastradas por las redes de los barcos pesqueros. Por lo general, se recomienda que cada bloque tenga un peso seco superior a

6,5 toneladas, pero esto dependerá lógicamente de la potencia de la flota pesquera de arrastre de la zona.

Para cumplir su función como protectores de los ecosistemas frente a la pesca de arrastre, los arrecifes de protección constan de una serie de elementos disuasorios en los que las redes quedan enganchadas o bien deterioradas. Estos elementos disuasorios suelen consistir en unas barras o brazos unidos horizontal, vertical o diagonalmente, a la estructura principal. Los elementos disuasorios más comunes son grandes vigas de hierro que atraviesan los bloques, aunque también se pueden emplear otros dispositivos como arpones metálicos. Se suelen colocar en forma de cruz para ejercer su protección en todas las direcciones. No obstante la presencia de elementos disuasorios no siempre es imprescindible, ya que el factor fundamental es el peso: puede darse el caso en que se pretenda combatir el arrastre pero no las artes de enmalle, por lo que para evitar el enganche de este tipo de redes, es posible prescindir de elementos sobresalientes siempre que el módulo sea estable en el sustrato sobre el que se deposita y pesado frente a la acción de los arrastres.



Figura 17. Módulo alveolar con elementos disuasorios sobre una pradera de fanerógamas marinas

Otro aspecto importante de la estructura de los arrecifes artificiales de protección es su distribución espacial. Para evitar la pesca de arrastre en áreas protegidas, los arrecifes han de estar formados por varios módulos o unidades disuasorias distribuidos de tal forma que cubran toda el área a proteger. Pueden disponerse en forma de polígonos o en forma de franjas, etc., siempre buscando una relación máxima entre efectividad y costes económicos y ambientales. La distribución de los módulos deberá asimismo tener en cuenta la posible práctica de otras actividades pesqueras en la zona diferentes a las que se desea impedir.

### 3.3.2.2.- Arrecifes artificiales de producción o concentración de organismos marinos

Se incluyen aquí los arrecifes de producción con fines pesqueros, de concentración o atracción, los arrecifes como biofiltros para jaulas de acuicultura, los arrecifes para el desarrollo de la maricultura y los arrecifes con fines puramente ecológicos (de incremento de la productividad, de recuperación de ecosistemas degradados y de creación de nuevos ecosistemas). Todos ellos están destinados principalmente a ser colonizados y lograr el asentamiento de las biocenosis bentónicas propias del sustrato duro en las condiciones hidrobatimétricas correspondientes, contribuyendo a mejorar o cuanto menos modificar el ecosistema. Los diseños y materiales con los que se construyan estos arrecifes deberán por lo tanto ser tales que permitan alcanzar este objetivo.

En este grupo es donde se incluye mayor variedad de materiales y estructuras capaces de alcanzar los objetivos perseguidos. Se decidirá entre un diseño u otro en función de las especies que se pretendan albergar. El diseño habitual se corresponde con el llamado módulo alveolar, cuya característica principal es la presencia de alvéolos o cavidades diseñados para el asentamiento o refugio de las diferentes especies y el desarrollo de superficie apta para la fijación de organismos sésiles principales responsables del aumento de biomasa por producción secundaria. Los arrecifes alveolares pueden estar contruidos con diferentes materiales, pero suelen estar generalmente formados por una o varias piezas de hormigón de diferentes formas y tamaños (cúbicas, semiesféricas, poliédricas, etc.). Cuando se trata de una única pieza cerrada, además de presentar una serie cavidades, ésta suele ser hueca por dentro para aumentar la capacidad de asentamiento de los organismos.

Un modelo de estructura alveolar habitualmente utilizada son los módulos semiesféricos perforados, constituidos por semiesferas de hormigón atravesadas por una serie de orificios esféricos de diferentes diámetros. Estos módulos tienen un sistema constructivo basado en moldes de goma hinchables, de relativamente fácil manejo, que permite que se construyan en cualquier lugar.

El número y tamaño de cavidades, así como la forma de los módulos (altura, perfil, relación superficie/volumen, etc.), influirán determinadamente en la diversidad y la abundancia de los organismos que se asienten en ellos. Cuanto más compleja sea la estructura, mayor será la diversidad de especies que utilicen el arrecife ya sea como sustrato, refugio, zona de alimentación, de paso o de cría. Asimismo, los materiales con los que se construya el arrecife artificial también determinarán el número y el tipo de organismos que se vayan a asentar en él.

Por otro lado, además del diseño y materiales de los módulos alveolares, el patrón de distribución sobre el fondo de éstos también influirá a la hora de alcanzar sus objetivos. En función de la diversidad y abundancia que se pretenda obtener, se deberá decidir sobre el número de módulos y la superficie en la que se vayan a distribuir.



Figura 18. Puesta de calamar en un módulo de producción

Los arrecifes artificiales de cerámica ramificada constituyen otro ejemplo de arrecifes con fines productivos. Se trata de unas estructuras formadas por una base más o menos cilíndrica de la que salen una serie de brazos ramificados repartidos en todas las direcciones, que dan a la estructura un aspecto similar al de los copos de nieve. Estas estructuras, especialmente diseñadas para la colonización de especies coralinas, se suelen instalar con el objetivo de recuperar arrecifes de coral degradados. De la misma manera que ocurre con los módulos alveolares, el número y distribución de las estructuras que constituyan el arrecife resulta esencial para alcanzar los objetivos perseguidos por éste.

Además de este tipo de estructuras formadas por módulos prefabricados especialmente diseñados para actuar como arrecifes artificiales, y teniendo en cuenta que prácticamente cualquier material (no contaminante), hundido en el fondo del mar es susceptible de atraer y dar soporte a un gran número de organismos, se podrían utilizar también, con fines productivos o de concentración de organismos, materiales o estructuras de recuperación o "segunda mano".

Se fondean desde cenizas de carbón y de incineradoras fijadas con cemento y lodos también fijados con cemento, hasta estructuras en desuso como barcos o viejos pantalanes. El material y la configuración de cada una de estas estructuras determinarán las especies que se vayan a asentar sobre ellas.

No obstante es necesario resaltar que cualquier material inerte que se desee utilizar para la creación de un arrecife artificial deberá ser evaluado previamente de acuerdo con los criterios de las "*Specific Guidelines for Assessment of Inert, Inorganic Geological Material*" desarrolladas por el Convenio de Londres. En lo que hace referencia a la utilización de cascos de buques, su utilización estará limitada a los casos en que se justifique adecuadamente su compatibilidad con los requerimientos de la Directiva Marco de Aguas y, teniendo en consideración el posible impacto ambiental que su utilización puede generar, resultará imprescindible proceder con carácter previo a la limpieza y preparación de los mismos de acuerdo con el Anejo 3 de la presente Guía.

Los materiales naturales, como rocas o madera también se suelen instalar en el fondo del mar para actuar como arrecifes artificiales de producción o concentración de organismos.

### 3.3.2.3.- Arrecifes artificiales mixtos (de producción y protección pesquera)

Este tipo de arrecifes artificiales persigue un objetivo doble, que es la protección de los ecosistemas frente a las redes de arrastre, a la vez que producen o concentran una significativa cantidad de organismos. Los módulos han de ser por lo tanto una mezcla de los dos tipos de arrecifes de los apartados anteriores (arrecifes de protección y arrecifes de producción o concentración).

Generalmente se trata de módulos de protección con elementos característicos de módulos arrecifales de producción.

Como en el caso de los arrecifes de protección, el peso de los módulos ha de ser suficiente para que no puedan ser arrastrados por la flota pesquera. Su distribución espacial debe tener en cuenta tanto la superficie a proteger de la pesca de arrastre, como los objetivos productivos perseguidos por el arrecife, siempre buscando la máxima relación efectividad/costes económicos y ambientales.

### **3.3.3.- Arrecifes artificiales destinados a otros usos**

Se incluyen en esta categoría dos tipos de arrecifes artificiales: los arrecifes artificiales con fines turísticos y de ocio y los arrecifes artificiales con fines educativo-científicos. Para lograr sus objetivos (atraer a los submarinistas en el primer caso y realizar estudios científicos en el segundo), estos dos tipos de arrecifes buscan la colonización y el asentamiento de macroinvertebrados bentónicos, que sustenten comunidades ícticas demersales. Por lo tanto pueden tener los mismos diseños y materiales que los arrecifes artificiales de producción o concentración de organismos marinos (apartado 3.3.2.2.).

#### **3.3.3.1.- Arrecifes artificiales con fines turísticos o de ocio**

Los arrecifes artificiales con fines turísticos y de ocio se instalan con el objetivo de fomentar la práctica de actividades deportivas, principalmente el submarinismo. Este tipo de arrecifes contribuye además a descargar la presión turística que sufren algunos arrecifes naturales, pudiendo desviar una gran parte de los submarinistas (y pescadores deportivos), que suelen frecuentar estos arrecifes naturales. Resulta por tanto necesario que se trate de estructuras atractivas a los ojos de los usuarios, además de ser capaces de crear un hábitat diverso y abundante. Por esta razón muchas veces se suelen hundir viejos barcos en desuso, que constituyen una gran atracción para los buceadores, pero resulta imprescindible que se les aplique un proceso de descontaminación antes de su hundimiento así como de adecuación para la práctica segura del submarinismo, de acuerdo con lo que se describe en el Anejo 3 de la presente Guía. Además, es importante que queden fondeados correctamente, en posición vertical y con una gran estabilidad, para poder ofrecer a los submarinistas la posibilidad de adentrarse con seguridad en los compartimentos habilitados para ello.

Los arrecifes de concentración o atracción y producción destinados al fomento de la pesca recreativa también deben ser considerados en este grupo, aunque sus características son análogas a las ya descritas con anterioridad.

#### **3.3.3.2.- Arrecifes artificiales para la potencialidad educativa y científica**

Como ya se ha comentado, los estudios del comportamiento y desarrollo de los ecosistemas de los arrecifes artificiales pueden realizarse sobre cualquier estructura arrecifal en la que se asiente algún tipo de comunidad. Existen sin embargo ciertos arrecifes artificiales diseñados específicamente para el estudio de algún tipo de hábitat u organismo, como son por ejemplo las llamadas estructuras "matrix".

Las estructuras "matrix", constituidas por distintos materiales, están diseñadas para coleccionar invertebrados asociados a los arrecifes de coral, con fines de investigación. De forma más o menos paralelepípeda, se componen de dos partes diferenciadas. La parte superior del arrecife pretende imitar de alguna manera las cabezas de los corales y suele construirse con hormigón y materiales que simulan las algas. En ocasiones, la parte de hormigón presenta un cierto número de túneles perforados para refugio de los organismos. Y en cuanto a la parte inferior del arrecife consiste en una cesta, con malla de plástico o fibra, en la que se recogen los organismos invertebrados para su posterior estudio, sin provocar daños al arrecife de coral. Se trata por lo tanto de unas estructuras bastante complejas, que persiguen el estudio de una comunidad específica.

De la misma manera que en el caso de las estructuras "matrix", se pueden diseñar multitud de arrecifes artificiales con las características adecuadas para atraer a diferentes organismos, con el fin de poder investigar su comportamiento. Se emplean diversas técnicas de investigación como marcaje, telemetría, observación, técnicas bioacústicas, etc., en función del diseño del arrecife, de las especies a estudiar y de la disponibilidad de equipos y medios científicos.

#### **4.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS DIFERENTES TIPOS DE ARRECIFES ARTIFICIALES**

Cualquier arrecife artificial, sea del tipo que sea, tendrá una serie de efectos ambientales positivos y/o negativos que dependerán principalmente de su finalidad, diseño, materiales, lugar de emplazamiento y condiciones del medio. Existen una serie de efectos ambientales comunes a todos los arrecifes artificiales, pero por lo general, cada caso particular deberá ser tratado de forma diferente.

A continuación se describen los distintos efectos ambientales que puede provocar un arrecife artificial, agrupados por variable ambiental afectada, desagregando los comunes a todos los arrecifes de los específicos de cada tipología considerada, cuando así se requiere. Cabe recordar sin embargo que no todos los arrecifes artificiales pertenecen a una sola categoría sino que en muchas ocasiones suelen perseguir diferentes objetivos al mismo tiempo.

##### **4.1.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO ATMOSFÉRICO**

###### **4.1.1.- Efectos comunes**

Los efectos derivados de la instalación de arrecifes artificiales sobre el medio atmosférico van a ser muy limitados y comunes a todas las tipologías. Fundamentalmente, las incidencias sobre la calidad atmosférica del entorno serán producidas por el aumento de los gases de combustión procedentes de las embarcaciones y maquinarias responsables del traslado y fondeo de las unidades estructurales del arrecife en la fase de construcción del mismo. Estos tipos de maquinarias suelen contar con motorizaciones diesel que incorporarán a la atmósfera tanto partículas como gases derivados de la combustión, como los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, hidrocarburos, aldehídos y ácidos orgánicos. No obstante, la totalidad de las labores de traslado y fondeo se desarrollan en espacios abiertos, donde la influencia de brisas y vientos favorecen la rápida dispersión de estos agentes contaminantes, resultando imposible la aparición de fenómenos de concentración. Por todo ello, los efectos descritos sobre esta variable deben ser considerados, en cualquier caso, como insignificantes, no dando lugar a vectores de impactos dignos de ser considerados de forma especial en la valoración general de los mismos.

###### **4.1.2.- Efectos específicos por tipología**

En el caso de los arrecifes artificiales de nueva construcción para los que se empleen morteros de hormigón fabricados en obra a partir de graneles es necesario considerar los efectos atmosféricos del desarrollo de la obra terrestre, si hay acopio de materiales graneles, o bloque escollera de diversa granulometría o todouno, arenas para explanación, explanación y

desbroce de superficies para construcción de los módulos arrecifales, manual o con maquinaria, así como los efectos atmosféricos de emisión de gases de combustión de la maquinaria de transporte terrestre de materiales y módulos a través de tramos urbanos de transporte.

En el caso de arrecife artificiales para los que se quiera emplear artefactos de desecho o un buque en desuso, todos los procesos de descontaminación y limpieza (rascado, combustión de pinturas para decapado o lijados, etc.), pueden provocar liberación local de partículas a la atmósfera.

Posterior a la obra terrestre, en la ejecución de la obra marítima los efectos son por lo general imperceptibles.

## **4.2.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO TERRESTRE**

### **4.2.1.- Efectos comunes**

Aunque los arrecifes artificiales suelen carecen de efectos sobre la fauna y la flora terrestre, la presencia de estas estructuras en zonas cercanas a la costa puede llegar a generar efectos significativos sobre la franja litoral. Estos efectos pueden manifestarse siguiendo dos patrones diferentes de comportamiento:

- Efectos sobre la forma en planta o perfil de una playa situada a resguardo del arrecife artificial. Debe reseñarse que, dependiendo del lugar donde se ubiquen estas estructuras y su densidad de distribución, la presencia de las mismas pueden llegar a ocasionar modificaciones en el sistema local de corrientes, lo que puede incidir en la deriva litoral y el transporte sedimentario de la zona y, por consiguiente, en los perfiles y plantas de los cordones arenosos próximos. No obstante, en la mayoría de los casos y tipologías de arrecifes, estas incidencias o bien no llegan a manifestarse o de producirse lo harán de forma irrelevante, aunque deben ser tenidas en consideración en aquellos casos en los que los estudios previos hicieran recomendable la vigilancia de la zona de influencia del mismo. Estos efectos pueden ser notables cuando se trata de la instalación de grandes estructuras como el fondeo de grandes barcos a una distancia reducida de la costa o en profundidades donde la relación entre la altura del objeto sumergido respecto a la profundidad de instalación y su extensión en planta sea capaz de alterar la forma de propagación del frente de oleaje. Más si cabe si esto se hace en zonas semiconfinadas en planta como bahías y ensenadas.
- Efectos sobre el transporte litoral de sedimentos. Dependiendo de la dirección del transporte litoral y de la profundidad a la que se sitúe el arrecife artificial y de las dimensiones y características de permeabilidad a las corrientes, éste podrá ejercer de barrera al flujo, provocando así un déficit de arena en las playas situadas aguas abajo del arrecife o un exceso o desequilibrio en los ecosistemas circundantes. Esto conecta directamente con lo expuesto en el párrafo anterior ya que podría llegar a modificar la tasa de sedimentación de áreas aledañas, modificando la potencia de los cordones arenosos del litoral próximo. Igual que la situación mencionada anteriormente, en el caso de grandes estructuras no permeables a las corrientes, los efectos encadenados sobre ecosistemas frágiles de la alteración del transporte

sedimentario de fondo a distancias considerables obligan a una aplicación extrema del “principio de precaución”

En conclusión, para la totalidad de los arrecifes artificiales y con independencia de su tipología, se considera conveniente prestar especial atención dentro de la fase de diseño y, en función de las características del clima marítimo y la granulometría del sedimento, a la profundidad de fondeo de la estructura, ya que ésta será un factor importante a la hora de salvaguardar la línea de costa de efectos indirectos.

#### 4.2.2.- Efectos específicos por tipología

- Los arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico, están diseñados con el fin de disipar/potenciar la energía del oleaje, lo que implica una alteración del sistema dinámico de la zona. Esto conlleva un cambio sustancial de la morfología costera, tanto en planta como en perfil, siendo esto justamente lo que se persigue con su instalación. Así, dependiendo de la finalidad última del arrecife a instalar, se generarán zonas de acreción o de erosión, siendo sus efectos derivados de diferente naturaleza.
- Los arrecifes destinados a la protección costera, los mixtos, los de creación de zonas de fondeo y los de protección de infraestructuras, inducirán a la sedimentación sobre la zona de actuación, creándose cordones litorales allí donde previamente no existían o eran exigüos. De por sí, estos tipos de arrecifes no deberían llegar a inducir efectos de carácter negativo sobre el litoral ya que, a medio o largo plazo, aumentaría la potencia de la playa seca del lugar. No obstante, se deben de monitorizar las playas ubicadas aguas abajo, en lo que a la deriva litoral se refiere, de la estructura fondeada, ya que potenciales disminuciones en el transporte de sedimentos generadas por el arrecife pueden llegar a inducir fenómenos erosivos sobre estos lugares.
- Para el caso de los arrecifes destinados al turismo y ocio, sobre todo los destinados a potenciar el oleaje local para la práctica de deportes acuáticos como el surf, los efectos sobre el litoral presentarán componentes de diferente naturaleza a los vistos hasta ahora. El hecho instalarlos con el fin de concentrar la energía que llega a la costa, potenciando la altura de ola incidente, implica una aumento significativo de los fenómenos erosivos en las áreas de incidencia del oleaje. Es previsible que se produzca un retroceso de la línea de costa en estos lugares y un aumento de la playa seca en zonas aledañas a las primeras o un incremento de la potencia de las barras litorales que normalmente se desarrollan aguas adentro, aunque, en cualquier caso, serán los estudios de detalle sobre este factor los que permitan evaluar la magnitud y trascendencia de este efecto en cada caso.

Por todo lo anterior, dado que los efectos descritos pueden llegar a manifestarse de forma significativa, se recomienda estudiar con detalle y cuantificar la incidencia sobre la franja litoral, ya que debe controlarse en todo momento el ámbito espacial de manifestación de los mismos a fin de salvaguardar zonas aledañas de efectos laterales e indirectos no deseados.



#### 4.3.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO MARINO

##### 4.3.1.- Efectos comunes

##### 4.3.1.1.- Calidad del agua

- Contaminación de las aguas. En general, el fondeo de arrecifes artificiales puede llegar a contribuir a la contaminación del agua presente en los alrededores de la zona de fondeo ya que durante las labores de colocación se producirá una resuspensión de los sedimentos, que en el caso de contener agentes contaminantes pasarían a la columna de agua (ya sean en fase particulada o disuelta). También debe tenerse presente la contaminación que puede llegar a producirse por derrames accidentales de lubricantes y/o combustibles de las embarcaciones encargadas de las labores de traslado y fondeo de las estructuras que componen el arrecife. Por último es necesario reseñar la posibilidad de que los propios materiales que constituyen el arrecife puedan liberar al medio, sustancias indeseadas. Aunque se limite a aquellos a los que se les presuma carácter inerte<sup>5</sup>, no es menos cierto que técnicamente nada es inerte. Todos los materiales están sujetos a una cierta degradabilidad física, química y biológica, y a una inevitable interacción con el medio que lo acoge. No obstante, la totalidad de estos efectos pueden ser minimizados en las fases preliminares de diseño del arrecife, bien diseñando una correcta campaña de comprobación de calidad de los sedimentos afectados, bien programando las labores de mantenimiento e inspección de la totalidad de la maquinaria que será utilizada para la instalación del arrecife en cuestión y garantizando una adecuada selección de los materiales.
- Alteraciones en la calidad físico-química de las aguas. Independientemente de las tipologías de arrecifes artificiales consideradas en la presente guía y, a menos que se hallen en una zona de elevada contaminación, las estructuras fondeadas quedarán colonizadas a medio plazo, especialmente aquellos diques-arrecife construidos con la intención de favorecer el asentamiento de organismos bentónicos. Este aumento de la carga biológica (flora y fauna), en la zona de instalación del arrecife producirá inevitablemente ciertas alteraciones en las propiedades físico-químicas del agua, como la concentración de materia orgánica y de nutrientes, el oxígeno disuelto, la turbidez o las partículas en suspensión. Sin embargo, salvo en situaciones especiales, estas afecciones en ningún caso generarán impactos negativos relevantes ya que no es esperable que modifiquen sustancialmente el estado preoperacional de las condiciones hidrológicas de la zona receptora. Estas situaciones especiales podrían detectarse en zonas muy confinadas o sistemas de agua semicerrados donde la renovación del agua sea escasa. En estos casos, la dispersión de los agentes considerados no se facilita, pudiendo desarrollarse fenómenos de eutrofia.

Por otro lado, durante la instalación de los arrecifes y, más concretamente, derivado de las propias labores de fondeo puede generarse un aumento de la turbidez y una

---

<sup>5</sup> Siguiendo la definición concebida para los residuos en la legislación nacional, serían aquellos materiales que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, ni son solubles, ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.

disminución de la transparencia del agua circundante. Estos efectos pueden considerarse puntuales y reversibles (queda asumido por medios naturales), manifestándose directamente sobre la calidad del agua e indirectamente sobre la biota, incidiendo especialmente sobre los organismos con escasa o nula capacidad de movimiento (flora y fauna bentónica).

Por último, de forma general, debe hacerse especial hincapié en que la totalidad de los efectos descritos en este epígrafe serán de mayor magnitud cuanto menor sea la granulometría del sedimento en el que se tiene previsto fondear el arrecife. Fundamentalmente, esto es debido a dos razones principales. Por un lado, el hecho de presentar un mayor tamaño de grano dificulta la resuspensión de los granos de arena, volviéndose a sedimentar y recuperándose las condiciones preoperacionales en un periodo menor de tiempo. Y por otro, hay que tener en cuenta que la mayor parte de los agentes contaminantes incorporados en el sedimento se encuentran en la fracción fina del mismo, por lo que un sedimento con un mayor porcentaje de esta fracción presenta una probabilidad mayor de contener sustancias no deseables que pueden alterar significativamente la calidad del agua del lugar.

#### 4.3.1.2.- Calidad sedimentaria

- Contaminación del sedimento. Como ha sido comentado en el apartado de calidad del agua, la resuspensión de sedimentos que tiene lugar durante la fase de obra podría liberar ciertos contaminantes atrapados en las capas profundas del sedimento, que quedarían incorporados en la columna de agua, bien en fase disuelta, bien en fase particulada, depositándose, en este último caso, en los alrededores de la zona de instalación. Esto puede llegar a modificar la carga contaminante de sedimentos próximos, aumentando e incorporando en superficie estos agentes no deseables. No obstante, los sedimentos contaminados suelen presentar un gradiente espacial negativo de contaminación a medida que aumenta la distancia al foco de contaminación o vertido, por lo que la resedimentación de los agentes contaminantes se producirá sobre sedimentos ya contaminados, esperándose, en el peor de los casos, un aumento poco significativo en la concentración de los mismos, no siendo habitual la contaminación de zonas limpias. Esto limita sensiblemente la magnitud del impacto ya que éste queda definido *per se* como la diferencia existente entre el estado preoperacional y final de la variable ambiental estudiada.
- Alteraciones en la calidad físico-química del sedimento. De igual manera que ocurre con la calidad físico-química del agua, la calidad del sedimento también se verá alterada por el asentamiento de comunidades bentónicas en los arrecifes, y especialmente por el aumento de la carga de materia orgánica en los sedimentos. Estos efectos serán de mayor relevancia que los descritos para la calidad del agua, dado el carácter de sumidero del compartimiento ambiental sedimento y su capacidad de concentrar este tipo de sustancias, no esperándose, salvo en situaciones especiales como las comentadas para el caso de la calidad del agua (áreas confinadas y sistemas de aguas semicerrados), que se manifiesten de forma significativa. En determinadas situaciones se han visto asociados al resguardo de corrientes junto a los módulos de arrecife artificial considerables cantidades de restos orgánicos de arribazón que permanecen en el entorno del módulo durante mucho tiempo, aunque ello generalmente asocia temporalmente una gran biodiversidad al arrecife artificial ligadas a estos materiales de arribazón).

#### 4.3.1.3.- Comunidades bentónicas y pelágicas

- Alteraciones derivadas de la instalación de las estructuras arrecifales. Entre las afecciones indirectas, tal y como se ha hecho referencia en apartados anteriores, durante la fase de obra, los organismos bentónicos y pelágicos pueden verse afectados por la incorporación de partículas (efecto más notable con sedimentos de granulometría fina), a la columna de agua provocada por las labores de fondeo, manifestándose en mayor medida sobre aquellos organismos que presenten limitaciones en su movimiento (incapacidad para la huida). Estos efectos pueden presentar diferentes vectores de manifestación. Por un lado, cabe hacerse referencia a la disminución de la transparencia del agua lo que implica una merma significativa de la tasa fotosintética de algas y fanerógamas marinas. Si el efecto se manifiesta en un periodo relativamente prolongado de tiempo (algo no habitual), estas especies pueden verse seriamente dañadas, pudiendo incluso llegar a desaparecer del entorno. Por otro lado, habrá que tener en cuenta el efecto de “tapizado” que puede llegar a producirse tras la resedimentación de las partículas incorporadas a la columna de agua. En algunos casos, donde la resuspensión llega a ser relevante, este fenómeno puede dificultar la respiración de determinados organismos (colapso respiratorio por presencia de detritus en branquias y otros órganos respiratorios), disminuir la capacidad de alimentación (p. Ej. sobrecarga de detritus en penachos de organismos filtradores), e incluso llegar a aterrizar completamente comunidades bentónicas cercanas, haciéndolas desaparecer. Por último, habría que tener presente la incorporación y resedimentación de agentes contaminantes sobre estas comunidades, aspecto éste último que puede deteriorar las mismas, dependiendo de la sustancia incorporada y de la concentración de la misma.

En lo que respecta a las afecciones de carácter directo, destacar la que se manifestaría sobre las comunidades bentónicas que habitan sobre o bajo el sedimento del lugar exacto de colocación del arrecife. Estas desaparecerán por la instalación del mismo al verse sepultadas en el momento del fondeo de las estructuras propias de los arrecifes. No obstante, habitualmente los arrecifes son ubicados sobre fondos arenosos no vegetados, donde la diversidad de las comunidades asentadas en el mismo suele ser baja o muy baja. Si bien la destrucción de las mismas supone, a corto plazo, un efecto significativo e irreversible sobre el ecosistema, la colonización que se producirá sobre los arrecifes sustituirá las comunidades desaparecidas por otras de mayor riqueza y diversidad, quedando sobradamente compensada la incidencia descrita.

La posibilidad de instalar arrecifes sobre fondos ocupados por comunidades de especial interés y valor ecológico debe ser descartada a nivel general. No obstante, cuando se trata de módulos de protección antiarrastré en las praderas de fanerógamas marinas, cabe la posibilidad de que determinadas estructuras deban ser instaladas en el interior de la propia pradera para poder cumplirse el objetivo perseguido. Como la distribución de estas comunidades no es uniforme ni en cobertura ni en densidades, se determinará en el diseño de la distribución del arrecife artificial la ubicación de los módulos en zonas desprovistas de vegetación o en discontinuidades, si ello no es posible sobre las zonas más degradadas y en último lugar, si es inevitable para conseguir los objetivos de protección, sobre las comunidades o zonas vegetadas. En cualquier caso siempre será necesario realizar un análisis justificativo de que el impacto a producir sea compensado por los beneficios que sobre la salud general de la biocenosis generará la medida.

En ningún caso se debe proponer la instalación de arrecifes artificiales de tipo alveolar, de producción o atracción/concentración, sobre praderas de fanerógamas o fondos de maërl o de coralígeno, puesto que se trata de estructuras y biotopos, tanto morfológicamente como funcionalmente, ajenos a este tipo de ecosistemas.

Mucho menos si estas estructuras son buques u otros artefactos de grandes dimensiones. En este último caso siguiendo un “principio de precaución”, salvo que se trate de arrecifes artificiales cuya finalidad es modificar el medio físico, no se deben realizar instalaciones de este tipo de estructuras continuas no permeables a la corriente en todo lo que se ubicara dentro del rango de profundidad correspondiente al infralitoral, definido localmente en función de la profundidad a la que desaparecen las algas verdes o las fanerógamas marinas, independientemente de que éstas se presenten o no en el área de instalación concreta. Y en el circalitoral tanto sobre comunidades estructuradas de maërl o coralígeno como a menos de 2 millas de este tipo de comunidades y del borde inferior de praderas de fanerógamas.

Además la presencia de los módulos del arrecife artificial puede facilitar la instalación de “fondeos ecológicos” en las áreas donde estos están instalados.

- Alteraciones derivadas de la presencia de los arrecifes en el medio marino. Tal y como se ha hecho referencia anteriormente, los arrecifes artificiales en general pueden proporcionar refugio y alimento a muchas especies tanto bentónicas como pelágicas, además de zonas de cría, de desove, etc. No obstante, estos efectos dependen en buena medida del diseño y materiales utilizados para la construcción del arrecife. En este sentido, los de escollera y los módulos de producción, presentan una relación superficie/volumen muy superior, además de muchas más cavidades que los verticales o los de geocontenedores. Esto implica una mayor superficie útil para la fijación de las especies colonizadoras y una mayor capacidad para la generación de zonas de refugio para las diferentes especies. Adicionalmente, la textura del material que constituye el arrecife artificial también influirá en la cantidad y tipo de organismos que pueden colonizarlo, prefiriendo, en general, asentarse sobre materiales naturales que sobre texturas demasiado lisas y desnaturalizadas. Otro tipo de influencia biológica “negativa” de un arrecife artificial alveolar sobre el medio biológico, puede darse por la instalación sobre un fondo de maërl o sobre una pradera de fanerógamas, que de lugar a la presencia permanente de depredadores u otros organismos ajenos al sistema y no deseables, o a la atracción de depredadores sobre alevines u otros organismos asociados a los módulos.

#### **4.3.2.- Efectos específicos por tipología**

- En relación con los efectos comentados y que han sido asociados, en la mayoría de las ocasiones, a la fase constructiva del arrecife artificial se puede concluir que dichos efectos normalmente son independientes al tipo de estructura a instalar, siendo otros factores los que determinan la intensidad con la que se manifiesta cada uno de ellos. Ejemplo claro de ello son las características granulométricas del sedimento o la ausencia/presencia de agentes contaminantes en el mismo.
- Otros efectos, también independientes de la tipología del arrecife en cuestión, están directamente relacionados con la localización exacta del lugar de fondeo, en la que

entra en juego factores tan significativos como la capacidad de renovación que presente el entorno receptor de las estructuras.

- Todos estos efectos serán fácilmente detectables y cuantificables, siendo por lo general suficiente una adecuada caracterización de los sedimentos receptores de las estructuras arrecifales o un conocimiento exhaustivo de la dinámica marina del lugar para poder predecir la envergadura de los impactos que incidirán sobre estas variables ambientales.
- No obstante, otros de los efectos referidos en el anterior epígrafe si pueden presentar una componente significativa que puede depender de la tipología de la estructura a instalar. Respecto a este particular cabe hacer referencia a la capacidad de determinadas tipologías de arrecifes de albergar comunidades bentónicas en su superficie. Entre ellos, cabría hacer especial mención a los **arrecifes artificiales de producción, de concentración o atracción**, los diseñados para el **desarrollo de maricultura**, los diseñados con **fines puramente ecológicos** o los destinados a **fomentar el buceo deportivo**. Todos ellos, están diseñados para albergar una elevada carga de biomasa, permitiendo el asentamiento rápido y eficiente de comunidades bentónicas, posibilitado por el elevado valor que toma el coeficiente superficie/volumen. Ello permite el asentamiento y desarrollo de un mayor número de especies en un volumen idéntico al que no posea estas características estructurales. Ello implica que las afecciones sobre la calidad del agua y sedimentaria del entorno se vean intensificadas en relación a otros tipos de arrecifes como los **destinados a actuar sobre el medio físico**, con superficies más lisas y desnaturalizadas que dificultan enormemente el asentamiento de las mismas. E incluso en algunas ocasiones estas estructuras cuentan con un diseño específico que dificultan el asentamiento de estas comunidades con el fin de no sobrecargar las estructuras con el peso de las mismas. Sin embargo, en estas ocasiones, su fondeo no compensa la destrucción de las comunidades sepultadas por la instalación de estas estructuras, factor este que si queda manifiestamente cubierto con las tipologías referidas en primer lugar.
- También en relación con este tipo de arrecifes, hay que hacer mención a un efecto indirecto e indeseable que se puede manifestar sobre las poblaciones de especies pelágicas y demersales que puedan llegar a concentrarse al abrigo de los arrecifes, en muchas ocasiones siendo el objetivo mismo del arrecife. En la medida en que el binomio producción-concentración sigue siendo hasta la fecha objeto de un intenso debate científico internacional, existiendo argumentos tanto en un sentido como en el contrario, en cuanto a la verdadera naturaleza y mecanismos por los que se obtienen los efectos de estos arrecifes sobre las poblaciones principal, aunque no únicamente, piscícolas que se pretenden fomentar, es necesario tomar en consideración que el fenómeno de concentración puede ocasionar consecuencias negativas importantes sobre los stocks poblacionales de determinadas especies objetivo de la flota pesquera profesional. El conocido como “efecto llamada”, que la incorporación de un arrecife artificial de concentración en el medio puede provocar sobre los individuos anteriormente dispersos a lo largo de una zona más amplia que incluía los arrecifes naturales de la zona, puede facilitar enormemente las capturas y por ende la sobreexplotación de estos recursos. Este efecto negativo, puede y debe ser evitado con una simple herramienta de planificación y gestión pesquera que permita garantizar la eficacia del arrecife.

#### 4.4.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO PERCEPTUAL

##### 4.4.1.- Efectos comunes

##### 4.4.1.1.- Paisaje marino y submarino

Las afecciones sobre el paisaje en general presentan dos vectores principales. Por un lado debe considerarse el paisaje marino, en el que se engloban tanto las incidencias sobre las modificaciones morfológicas del litoral como las variaciones en el estado preoperacional de la lámina de agua y, por otro, el paisaje submarino modificado por la presencia de las nuevas estructuras arrecifales fondeadas.

- Incidencias sobre el paisaje marino. En relación a las incidencias que pueden llegar a manifestarse sobre la morfología costera, éstas pueden ser de dos tipos principales. En primer lugar caben citarse aquellas asociadas a fenómenos de acreción, como aumento de la playa seca o la presencia de otros elementos geomorfológicos de mayor incidencia paisajística como tómbolos, hemitómbolos o islas. En segundo lugar, hacer referencia a aquellas incidencias asociadas a fenómenos de erosión, como acantilados, rasas litorales, etc. Por último, considerando un ámbito espacial más amplio y en los que actúan los dos procesos descritos anteriormente de forma conjunta, puede destacarse el fenómeno denominado como basculamiento, donde una playa en principio lineal, cambia su morfología apoyando la mayor parte de su potencia sedimentaria sobre un extremo de la misma, coincidente con algún elemento estructural localizado transversalmente a la línea de costa, retrocediendo las zonas centrales tierra adentro en forma de media luna. Todos estos efectos se manifiestan a medio o largo plazo tras el fondeo de los arrecifes artificiales, no presentando incidencia alguna durante el proceso constructivo.

Los que sí presentan afecciones durante esa etapa de instalación son los que inciden sobre el paisaje de la lámina de agua. Por un lado, debe hacerse referencia a la presencia de las embarcaciones encargadas del transporte y fondeo de las estructuras arrecifales. Estas destacarán sobre el horizonte marino debido a dos causas principales. Por un lado, la lámina de agua carece de elementos verticales que puedan llegar a mimetizar o incorporar a la escena las embarcaciones referidas, al tratarse de un paisaje meramente horizontal y monótono. Por otro lado, los arrecifes artificiales suelen estar localizados en zonas relativamente cercanas al litoral (más próximo que el horizonte virtual marino), por lo que las actuaciones de fondeo se configurarán como los elementos principales (formas y cromaticidad) de una escena normalmente carente de elementos destacados que puedan distraer la atención del observador potencial. Al margen de lo comentado, existen otras afecciones sobre el paisaje de la lámina de agua y que no están asociados a la presencia de elementos antrópicos y son las variaciones en las características del oleaje que incide en la costa. Así, puede darse el caso de zonas donde el oleaje, dentro de la escena habitual, no estaba configurado como un elemento destacable y definitorio del paisaje preoperacional y que tras la instalación de los arrecifes tome especial relevancia en el mismo, modificando las características morfológicas, cromáticas, etc., del paisaje marino receptor. O puede darse el caso contrario, zonas donde el embate de las olas estaba incorporado a la escena habitual y que tras la instalación de estas estructuras pierde dicha percepción dinámica, convirtiéndose en un paisaje propio de una ensenada.

- Incidencias sobre el paisaje submarino. Este tipo de incidencias presentan una menor intensidad debido principalmente al menor número de observadores potenciales que pueden verse afectados por la misma. Fundamentalmente radica en la propia presencia del arrecife en el entorno submarino afectado. En la mayoría de las ocasiones supone una mejora sustancial respecto al paisaje preoperacional ya que habitualmente, las zonas receptoras de este tipo de estructuras suelen ser amplias llanuras arenosas carentes de elementos destacables que puedan incidir sobre la atención del observador potencial. La presencia de estos elementos y de la fauna y flora asociadas a los mismos atraerá inevitablemente la atención de dichos observadores, convirtiendo una zona carente de interés paisajístico en verdaderos focos de atracción para los visitantes subacuáticos. No obstante este puede ser un efecto nada despreciable en aquellas iniciativas que se pretendan ubicar en las proximidades de zonas ya habitualmente empleadas para estas actividades en razón a reducir los desplazamientos, lo que puede llevar a colocar módulos de AAs en entradas a praderas de fanerógamas o proximidades de entradas a cuevas submarinas y otros paisajes submarinos singulares que habría que clasificar y tratar de proteger.

#### 4.4.1.2.- Niveles sonoros y vibraciones

La afección derivada del aumento de los niveles sonoros y vibraciones tan sólo se manifestará durante las labores de fondeo de los arrecifes artificiales, no detectándose efectos diferenciales dependiendo de su tipología. El uso de grúas, pontonas y otras embarcaciones empleadas para el traslado y fondeo de las estructuras generará un incremento generalizado de los niveles de ruidos y vibraciones en el entorno inmediato al área de actuación. Este tipo de contaminación depende directamente de la motorización de las máquinas consideradas, que suelen ser tipo diesel.

Esta incidencia se manifestará indirectamente sobre otras variables ambientales como los peces pelágicos, mamíferos, quelonios marinos y aves en superficie, los cuales huirán de la zona de actuación hacia otras próximas más tranquilas. No obstante, la temporalidad y la escasa intensidad del efecto referido, garantizan la reversibilidad del mismo, no detectándose, en principio y de forma general, vectores de impacto que puedan suponer una merma relevante en la composición y estructura de las comunidades biológicas implicadas. En caso de que la zona de actuación solapara con un área de tránsito de embarcaciones estos efectos quedarían minimizados debido a la facilidad de las especies implicadas de internalizar los efectos descritos. No obstante, si el emplazamiento coincidiera con paso frecuente de especies con elevado interés ecológico o comercial, el estudio de las implicaciones descritas debería de desarrollarse con la profundidad adecuada a cada caso, determinándose incluso el intervalo temporal más adecuado para llevar a cabo la actuación. Esto último puede resultar de especial interés para especies migratorias, como determinados grupos de aves u otras especies como el atún rojo.

#### 4.4.2.- **Efectos específicos por tipología**

- Los efectos que pueden manifestarse de forma diferente dependiendo de la tipología de los arrecifes considerados en la presente guía son los que inciden sobre la variable ambiental paisaje ya que, como se ha hecho referencia anteriormente, el aumento de los niveles sonoros y vibraciones no resultará significativo.

- La tipología de arrecife que incidirá en mayor medida sobre la modificación de las componentes paisajísticas y morfológicas de la línea de costa, serán los **destinados a actuar sobre el medio físico**. El objeto principal de esta tipología de arrecife es precisamente incidir sobre la línea de costa, por lo que al instalar este tipo de estructuras puede producirse la aparición de tómbolos, hemitombolos o islas. La formación de estas nuevas unidades morfológicas modificarán a medio-largo plazo la escena preoperacional del litoral, aumentando sustancialmente la potencia de los cordones arenosos litorales y modificando las características cromáticas y texturales del paisaje receptor. El efecto contrario, es decir la de playas en regresión y áreas erosionadas, también incidirán en el paisaje litoral, manifestándose como pérdida de dichos cordones arenosos o con la aparición de rasas litorales o acantilados costeros, si la afección de la costa se vuelve relevante. E incluso los fenómenos de basculamiento litoral también modificarán la escena preoperacional del litoral.

Por último, aclarar que la totalidad de lo descrito para este tipo de arrecife puede hacerse extensivo para las restantes tipologías si las condiciones naturales y de diseño de la estructura provocasen los efectos descritos sobre la línea litoral.

- Respecto a la incidencia sobre el paisaje submarino serán los **arrecifes destinados a otros usos (fomentar el buceo recreativo y aquellos con potencialidad educativa y científica)** los que presentan un mayor poder de manifestación. Esto se debe fundamentalmente al mayor número de observadores potenciales implicados ya que no debe olvidarse que el paisaje, entendido en el sentido más genérico del mismo, se encuentra muy ligado a la presencia de estos agentes (sin observadores no existe el paisaje). Si bien el resto de arrecifes podrían incidir de la misma forma sobre el paisaje submarino, el hecho de que su finalidad no pase por ser visitados in situ hacen que su afección sobre el entorno deba considerarse como muy limitada. En cualquier caso, respecto a la incidencia de los primeros cabe destacarse que en función del emplazamiento, mejorarán la escena preoperacional ya que incorporarán elementos “naturales” (recubrimiento biológico, elementos verticales –rocosos-, aumento de la presencia de ictiofauna, etc.) que enriquecerán los parámetros definitorios del entorno, habitualmente compuesto por extensas llanuras arenosas.

#### 4.5.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO SOCIAL

##### 4.5.1.- Efectos comunes

##### 4.5.1.1.- Empleo directo e indirecto

Las incidencias sobre este particular no presentan vectores particulares relativos a cada una de las tipologías de arrecifes considerados en esta guía. Cualquier actividad que se desarrolle en una comarca generará una serie de beneficios empresariales que se centrarán, mayoritariamente, en el sector servicios y, en la mayor parte de los casos, vinculados a la fase de instalación. El hecho de necesitar una infraestructura básica para el fondeo de las estructura conlleva la obtención de beneficios empresariales a sectores que ofertan determinados servicios (embarcaciones, grúas, elementos de construcción, etc.), lo que se traducirá indirectamente en beneficios sobre otros encargados de ofrecer el debido mantenimiento sobre los primeros. No obstante, todo ello debe ser considerado en su justa



medida, teniendo presente, en cualquier caso, la temporalidad y especificidad de la actividad en cuestión.

#### 4.5.1.2.- Espacios recreativos y de ocio

Respecto a este tipo de incidencia hacer notar que la intensidad de la misma dependerá del emplazamiento seleccionado para la ubicación del arrecife artificial estudiado. La incidencia del solape de estas estructuras con áreas destinadas al ocio debe tratarse de forma individual, por lo que será descrita en el siguiente epígrafe de efectos particulares.

#### 4.5.2.- **Efectos específicos por tipología**

- Los tipos de arrecifes que incidirán de forma manifiesta sobre la variable espacios recreativos y de ocio serán, por un lado, aquellos **destinados a actuar sobre el medio físico** y, por otro, los **destinados a otros usos**, en concreto, los que pretenden **fomentar el buceo recreativo**. Tanto unos como otros dotarán a las comarcas receptoras de nuevos espacios dedicados al uso lúdico del litoral.
- Así, los **arrecifes artificiales de protección costera**, contruidos para evitar la erosión de la costa, suelen suponer en la mayoría de los casos, una mejoría en la calidad de las playas, lo que repercute directamente en una mejora sustancial de la superficie lúdica litoral de la zona. En efecto, las playas en retroceso por procesos erosivos van perdiendo calidad y superficie útil de esparcimiento, siendo solución habitual la instalación de estos diques-arrecifes de protección costera a fin de lograr que la playa recupere o incluso mejore su tamaño y aspecto original. Por otro lado, los arrecifes artificiales de turismo y ocio, diseñados para conseguir un oleaje óptimo para la práctica de actividades deportivas como el surf o el windsurf, tienen un efecto directo sobre los usos recreativos del litoral, dotando a la comarca receptora de nuevos espacios de esparcimiento que, previo a la instalación del arrecife, no poseían. Y, por último, los arrecifes destinados a la creación de zonas de fondeo por su parte, también suponen un impacto directo sobre los usos recreativos de la zona, puesto que proporcionan áreas abrigadas que permiten la práctica de deportes acuáticos como el buceo o la pesca recreativa, siendo, por ello, incorporadas a las áreas de recreo del litoral en cuestión.
- Respecto a los **arrecifes artificiales destinados a otros usos**, sin duda, los que presentan la finalidad de fomentar el buceo recreativo son los que, en mayor medida, dotarán a la comarca de nuevos espacios de ocio. La instalación de este tipo de arrecifes puede mejorar áreas donde la práctica de buceo recreativo es tradición, e incluso, puede llegarse a potenciar este deporte en lugares considerados como no habituales en lo que respecta a su práctica. La pesca recreativa desde embarcación y la pesca submarina, son actividades complementarias que se están desarrollando en los arrecifes artificiales y que se suman a sus otros usos, aunque también podrían servir de herramienta de gestión en la regulación de estas actividades en un espacio territorial determinado.

## 4.6.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO ECONÓMICO

### 4.6.1.- Efectos comunes

#### 4.6.1.1.- Actividad pesquera y acuícola

La presencia de arrecifes artificiales, sean de la tipología que sea, supondrán una mejora o una merma de la actividad pesquera según el arte utilizado. Normalmente, las artes artesanales pueden llegar a beneficiarse de la presencia de estas estructuras ya que las características intrínsecas de las mismas permiten su calado en las proximidades de estos arrecifes, los cuales suelen atraer a especies comerciales. Sin embargo, puede llegar a resultar un impedimento para que determinadas artes puedan operar con normalidad, caso de la pesca de arrastre, e incluso se diseñan arrecifes con objeto de impedir o limitar el uso de las mismas en determinadas zonas en las que se pretenden proteger los fondos marinos. Los arrecifes artificiales de protección también afectan a la mejora de los recursos y sus usos sin producir alteraciones significativas del comportamiento de las poblaciones.

Por otra parte, ciertos arrecifes de producción no adecuadamente diseñados que actúen únicamente como arrecifes de concentración, pueden generar problemas a la actividad pesquera en las zonas circundantes. Si a ello se une una nula o mala planificación y control de la actividad, que permita la sobreexplotación en la zona del arrecife, las consecuencias pueden llegar a ser muy negativas tanto para la actividad como para los recursos.

En cualquier caso, la capacidad del arrecife en cuestión de atraer a estas especies y la funcionalidad del mismo serán los factores principales a tener en cuenta a la hora de valorar el beneficio para el sector pesquero, siendo este particular tratado detalladamente en el epígrafe de efectos específicos.

#### 4.6.1.2.- Turismo

Esta variable se encuentra íntimamente ligada a la descrita en el apartado anterior de espacios recreativos y ocio ya que un aumento de los mismos repercutirá directamente y en un mismo orden de magnitud sobre el sector turístico. El aumento de espacios de ocio y esparcimiento llevará consigo un aumento de la demanda turística de la comarca ya que suele atraer a visitantes ocasionales o de temporada que buscan la actividad promovida por la instalación de estas estructuras. Esto puede hacerse extensible a lo comentado en el epígrafe de efectos específicos por tipología, por lo que no se harán comentarios adicionales respecto a este particular.

### 4.6.2.- Efectos específicos por tipología

- Sector pesquero y acuícola es el que se ve más afectado por los **arrecifes artificiales destinados a actuar sobre la biota**, aunque según el tipo de arrecife los impactos serán diferentes.
- Los **arrecifes artificiales de gestión pesquera** tienen un efecto directo sobre la pesca. En concreto, los de **producción y concentración pesquera** facilitarán un aumento de las capturas, lo que repercutirá positivamente en el sector pesquero

siempre que el arrecife se haya concebido en el marco de un plan de gestión de la actividad pesquera y como una parte del mismo, y se disponga asimismo de los mecanismos de control de la actividad que permitan evitar una sobreexplotación de los recursos.

- Los **arrecifes artificiales de protección**, tal y como se ha adelantado en el epígrafe anterior, evitarán posibles conflictos originados por ilegalidades en la práctica de la pesca de arrastre, evitando la destrucción de los fondos marinos y repercutiendo positivamente en la pesca artesanal.
- Los **arrecifes artificiales mixtos**, por su parte, contribuirán a ambos efectos.
- Los **arrecifes artificiales diseñados para actuar como biofiltros** de las jaulas de las piscifactorías, ejercen un efecto positivo sobre la industria de la acuicultura al evitar o reducir las condiciones de anoxia que suelen aparecer bajo las jaulas, debido al bioacúmulo de materia orgánica y otros nutrientes y a la falta de renovación hidrológica. Debe hacerse notar que las jaulas de cultivos suelen ubicarse en áreas confinadas y sistemas de aguas semicerrados a fin de garantizar su viabilidad al colocarlas a salvo de oleajes fuertes y/o temporales. El efecto que puedan causar estos fenómenos de anoxia sobre la calidad del agua de las jaulas es despreciable puesto que tan sólo alcanzan la capa inmediata al fondo (en condiciones de aguas renovadas continuamente, difícilmente superarán los 1-2 metros), mientras que las jaulas mantienen normalmente un calado de seguridad de cómo mínimo 10 metros respecto al fondo. Sin embargo, debido a esta acumulación de desechos en el fondo, las jaulas de acuicultura deberían ir cambiando de ubicación con cierta frecuencia para permitir la renovación de los fondos afectados, tarea complicada por los factores comentados con anterioridad. Al reducir la acumulación de materia orgánica bajo las jaulas, los arrecifes artificiales permiten por tanto que las jaulas sean desplazadas con menos frecuencia, contribuyendo así a reducir los costes económicos de la industria de la acuicultura. Además, permitirá mejorar los estándares de calidad ambiental de los fondos afectados por las mismas ya que incorporarán ese *input* adicional de energía a los ecosistemas marinos ubicados sobre el arrecife bajo las jaulas.
- Los **arrecifes artificiales destinados al desarrollo de la maricultura** por su parte, se encuentran directamente ligados al sector acuícola puesto que su objetivo principal es el cultivo y la explotación de diversos recursos marinos como moluscos u otros organismos. Pueden servir de sistema de anclaje de determinados tipos de cultivos, y en especial de aquellos de carga mas reducida como long-lines de mejillón.

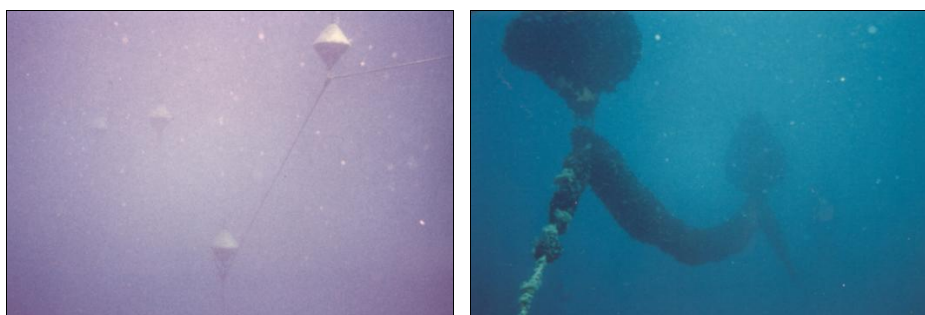


Figura 19. Long-Line experimental de captación de semilla de mejillón instalada en el AA de Calafell (1991) empleando como elementos de anclaje módulos de protección del AA instalado en 1989

- El resto de arrecifes artificiales incluidos en el grupo de arrecifes destinados a actuar sobre la biota, pueden tener por su parte efectos indirectos sobre la pesca, puesto que, tal y como se especificó anteriormente en el epígrafe de efectos comunes, son zonas en las que aumenta la abundancia de recursos explotables.

#### **4.7.- EFECTOS AMBIENTALES SOBRE INFRAESTRUCTURAS Y OTROS USOS**

##### **4.7.1.- Efectos comunes**

###### **4.7.1.1.- Infraestructuras**

De forma general, la instalación de arrecifes artificiales puede llegar a generar interferencias sobre infraestructuras ubicadas con carácter previo en el lugar. Claro ejemplo de ello serían aquellos emisarios, aliviaderos o cableado submarino que pudieran solapar con la zona de emplazamiento del arrecife, pudiendo resultar dañados durante la fase de obra del mismo. La solución a este problema es relativamente sencilla, debiéndose desarrollar un estudio previo de cartografiado de todas estas infraestructuras, para así proyectar un desarrollo constructivo que salvaguarde en cualquier caso la incidencia sobre ellas. Sin embargo, existen otros tipos de arrecifes, los cuales serán tratados en el epígrafe de efectos específicos, que serán instalados para actuar como defensa ante el embate de la mar sobre otras infraestructuras a instalar en un emplazamiento concreto. Estos últimos serán efectivos durante su fase de funcionamiento, incidiendo positivamente sobre las infraestructuras tratadas.

###### **4.7.1.2.- Navegación**

Los arrecifes artificiales suelen instalarse generalmente en aguas someras y con una cota de coronación bastante cercana a la superficie, para poder lograr su objetivo, ya sea el de disipar la energía del oleaje, el de mejorar la producción, el de proteger, etc. Por lo tanto, si se instalan en aguas navegables, pueden suponer un riesgo significativo para la navegación, mayor éste cuanto más transitadas sean esas aguas. Por ello, la solución al mismo radica, de la misma forma que en el caso anterior, en contemplar previo a la instalación del arrecife artificial la incidencia sobre las rutas navegables, procediéndose, en el caso que exista proximidad a alguna de ella, a su correcto balizado siguiendo la normativa internacional de señalización y seguridad marítima. Por todo ello, las incidencias sobre este vector deben ser consideradas, más que por la tipología de arrecife a instalar, por su emplazamiento y la posible incidencia sobre el medio. Respecto a este particular tan solo cabría hacer alguna referencia a los arrecifes destinados de disipar la energía del oleaje, debiendo tenerse presente el área de influencia sobre la que actuará el arrecife ya que puede llegar a disminuir sensiblemente el calado por posibles acumulaciones de arenas.

##### **4.7.2.- Efectos específicos por tipología**

- Los **arrecifes artificiales destinados a la protección de infraestructuras marinas** (jaulas de acuicultura, pequeños puertos, señalizaciones marítimas, etc.) son los que, en principio, en mayor medida pueden incidir sobre las mismas. Este tipo de

arrecifes posibilitan el correcto funcionamiento de las infraestructuras a proteger, por lo que los efectos que pueden hacerse notar sobre ellas serán en cualquier caso de carácter directo y positivo. Además de cumplir con su cometido, permiten o facilitan el desarrollo de las actividades relacionadas con ellas, como son por ejemplo la alimentación y pesca de los peces en las jaulas de acuicultura, la accesibilidad a las dársenas de un puerto o las operaciones de carga y descarga o la correcta señalización marítima que repercute indirectamente sobre la seguridad en la navegación.

- Como se ha hecho referencia anteriormente, el resto de tipologías pueden afectar a otras infraestructuras (emisarios, aliviaderos, cables submarinos, etc.) durante la fase de obra, siendo esta afección derivada, más que de la tipología del arrecife en cuestión, de un estudio impreciso del estado preoperacional del entorno receptor de los mismos.
- Al margen de todo lo comentado, y al hilo de lo expuesto en el párrafo anterior, los arrecifes artificiales pueden interferir con otros usos del mar que serán necesario localizar geográficamente previo a la redacción del proyecto de instalación. Deberán, por ello, evaluarse los efectos que puedan tener los arrecifes sobre otros usos como la explotación de yacimientos de áridos, las instalaciones de energía eólica, undimotriz y mareomotriz, las zonas de exclusión militar y las estructuras geológicas submarinas para futuros secuestros de CO<sub>2</sub>, las cuales suelen ocurrir generalmente a profundidades superiores a las de instalación de los arrecifes artificiales.

#### **4.8.- EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL MEDIO HISTÓRICO Y CULTURAL**

##### **4.8.1.- Efectos comunes**

Las incidencias que pueden llegar a manifestarse sobre el patrimonio histórico derivado de la instalación de arrecifes artificiales se centrarán mayoritariamente durante la fase de obra. Así, de forma general, cualquier actuación que conlleve el fondeo de estructuras, movimientos de áridos, etc., sobre el lecho marino lleva aparejada la potencialidad de incidir sobre posibles yacimientos arqueológicos presentes en el emplazamiento en cuestión. Todas estas acciones pueden suponer modificaciones estratigráfica y estructural de los registros arqueológicos, e impedir el acceso total o parcial al yacimiento, con la consiguiente pérdida de su potencial científico y sociocultural. No obstante, siempre que se traten de yacimientos catalogados su afectación puede ser evitada con un correcto estudio del estado preoperacional, el problema puede aparecer para aquellos restos arqueológicos sin catalogación previa. Por ello, sería conveniente, previo a la instalación del arrecife, realizar una prospección superficial del entorno receptor, entendido este no solo como el lugar de emplazamiento definitivo sino como toda el área de influencia de la estructura instalada (debe contemplarse las zonas de posibles aterramientos o erosiones).

En la Figura 20 se resume toda la información facilitada en este apartado:

EFECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS DIFERENTES TIPOS DE ARRECIFES ARTIFICIALES						
SOBRE EL MEDIO TERRESTRE		SOBRE EL MEDIO MARINO		SOBRE EL MEDIO HUMANO		
ACTÚAN SOBRE EL MEDIO FÍSICO	PROTECCIÓN COSTERA	DIQUES EXENTOS DIQUES ARRECIFE	EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA	CONTAMINACIÓN Y ALTERACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA, CONTAMINACIÓN Y ALTERACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SEDIMENTOS, AFECTA A LA HIDRODINÁMICA Y A LA GEOMORFOLOGÍA DEL FONDO	NO AFECTA A LA NAVEGACIÓN, PUEDEN DAÑAR OTRAS INFRAESTRUCTURAS AL COLOCARLOS	
	TURISMO Y OCIO	DIQUES EXENTOS DIQUES ARRECIFE GEOCONTENEDORES	EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA			FOMENTA LA PRÁCTICA DE ACTIVIDADES ACUÁTICAS DEPORTIVAS Y EL TURISMO
	MIXTOS (PROTECCIÓN Y TURISMO)	DIQUES ARRECIFE POLIVALENTES BARRERAS ARRECIFALES SUMERGIDAS	PROTECCIÓN DE LA COSTA GENERACIÓN DE PLAYAS ARTIFICIALES			NO AFECTA A LA NAVEGACIÓN, PUEDEN DAÑAR OTRAS INFRAESTRUCTURAS AL COLOCARLOS
ACTÚAN SOBRE LA BIOTA	PROTECCIÓN DE INFRAEST. MARINAS	DIQUES EXENTOS DIQUES ARRECIFE	DISIPACIÓN DE LA ENERGÍA DEL OLEAJE	PROPORCIONAR ÁREAS ABRIGADAS PARA EL FONDEO DE BARCOS PEQUEÑOS	FOMENTA LA PRÁCTICA DE ACTIVIDADES ACUÁTICAS DEPORTIVAS Y EL TURISMO	
	CREACIÓN DE ZONA DE FONDEO	DIQUES EXENTOS DIQUES ARRECIFE	DISIPACIÓN DE LA ENERGÍA DEL OLEAJE		PROTECCIÓN DE JAULAS DE ACUICULTURA, EMISARIOS SUBMARINOS, PUERTOS...	
	GESTIÓN PESQUERA	ARRECIFES DE PROTECCIÓN CON ELEMENTOS DISUASORIOS	EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA		EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA	INCREMENTA LA SUPERVIVENCIA, EL CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN
ACTÚAN SOBRE LA BIOTA		ARRECIFES DE PRODUCCIÓN	EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA	INCREMENTA LA BIOMASA DE LOS RECURSOS PESQUEROS	FÁCIL LOCALIZACIÓN DE ESPECIES DE PESCA	
		CONCENTRACIÓN O ATRACCIÓN	MIXTOS (PROTECCIÓN Y PRODUCCIÓN)	PROTECCIÓN DE FONDOS FRENTE A LA PESCA ILEGAL DE ARRASTRE	CONCENTRA ESPECIES EN UNA ZONA DETERMINADA, NO AUMENTA LA PRODUCTIVIDAD BIOLÓGICA DEL ECOSISTEMA	DISMINUCIÓN DE LA PESCA ILEGAL DE ARRASTRE
ACTÚAN SOBRE OTROS USOS	FINES TURÍSTICOS Y OCIO	BIOTOPOS	ORIGINA ANOXIA EN EL FONDO DE LAS JAULAS POR EXCESO DE MATERIA ORGÁNICA	AUMENTO EXCESIVO DE MATERIA ORGÁNICA, AUMENTA LA BIOMASA DE RECURSOS PESQUEROS	CONTRIBUYE A LA ECONOMÍA DE LA ZONA, ALTERNATIVA A LA PESCA TRADICIONAL	
		MARICULTURA	POSIBLE CONTAMINACIÓN POR EXCESO DE MATERIA ORGÁNICA	DESAPARICIÓN DE OTRAS ESPECIES PRESENTES	CULTIVO DE PLANTAS Y ANIMALES MARINOS	
		VARIOS DISEÑOS EN FUNCIÓN DEL FIN	POSIBLE OCUPACIÓN DEL D.P.M.T.	INCREMENTA LA PRODUCTIVIDAD, GENERAN Y RECUPERAN ECOSISTEMAS	MEJORAN LA CALIDAD ECOLÓGICA	
ACTÚAN SOBRE OTROS USOS	FINES EDUCATIVO Y CIENTÍFICO	DIQUES EXENTOS DIQUES ARRECIFE PECIOS	EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA	ALTERACIÓN DE LA HIDROLOGÍA Y BATIMETRÍA, ALTERACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE AGUA Y SEDIMENTO	FOMENTA LA PRÁCTICA DE ACTIVIDADES ACUÁTICAS DEPORTIVAS Y EL TURISMO	
		ESTRUCTURAS "MATRIX"	EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS Y TRANSPORTE LITORAL DE ARENA	INCREMENTA LA SUPERVIVENCIA, EL CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS, NO RELACIONADOS CON LA PESCA	

Figura 20. Tabla del apartado de efectos ambientales

## **5.- ANÁLISIS DE PROYECTOS Y ESTADO DEL ARTE EN ESPAÑA**

Los arrecifes artificiales, en el sentido tradicional que éstos, se han considerado en España, han venido instalándose en aguas exteriores por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el ámbito de sus competencias como medidas para minimizar el efecto de la actividad pesquera de arrastre en fondos prohibidos sobre determinados ecosistemas, arrecifes de protección, y, en menor medida, con el fin de mantener un estado de conservación favorable de ciertas especies objetivo, arrecifes de producción-concentración. Los arrecifes mixtos, que intentan cubrir ambos objetivos, también han sido promovidos con mucho interés por la Administración, concentrando el mayor número de proyectos.

En aguas interiores han sido las comunidades autónomas, principalmente mediterráneas, las más activas en el desarrollo de esta política, aunque también hay tres casos de Ayuntamientos, algunos con la colaboración de empresas privadas.

Por otra parte, la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, ha venido desarrollando regularmente actuaciones y proyectos de restauración en la franja costera española, algunos de los cuales han llevado aparejados la instalación de escolleras exentas sumergidas, que como se ha definido en la presente guía no son más que arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico.

La promoción y financiación de los arrecifes ha sido y es básicamente pública, aunque cada vez es más frecuente que determinadas entidades privadas, fundamentalmente vinculadas al turismo activo, planteen actuaciones de este tipo con la finalidad de fomentar el buceo recreativo.

En dos actuaciones destacables en España los arrecifes artificiales se han aplicado a la restauración ambiental o reducción de impactos, debido en un caso a destrucción de zonas de pesca por alteraciones morfológicas del fondo producidas por explotaciones de materiales sedimentarios donde se ha logrado recuperar la actividad mediante la instalación de un arrecife de producción y en un segundo caso para la reducción del impacto producido por vertidos orgánicos a la vez que protección contra el arrastre ilegal en la zona ordenada con estos arrecifes artificiales que funcionan en parte como biofiltros.

### **5.1.- INVENTARIO DE ARRECIFES ARTIFICIALES**

En España empezaron a colocarse arrecifes artificiales a finales de los años 70 pero la mayoría de ellos han sido instalados a partir de los años 90.

En el la Figura 21 la evolución en el número anual de instalaciones de arrecifes artificiales realizados en España desde 1989. En el gráfico Figura 22, se muestra la distribución por Comunidades Autónomas. Son las comunidades autónomas mediterráneas las que más activamente han promovido estas actuaciones, destacando el caso de la Comunidad Valenciana, Cataluña y Andalucía, considerando que esta última, en relación a los kilómetros de costa, ha realizado un mayor esfuerzo en la materia.

Los arrecifes de protección han concentrado la mayor parte del esfuerzo, existiendo sólo 20 arrecifes de producción en el territorio nacional.

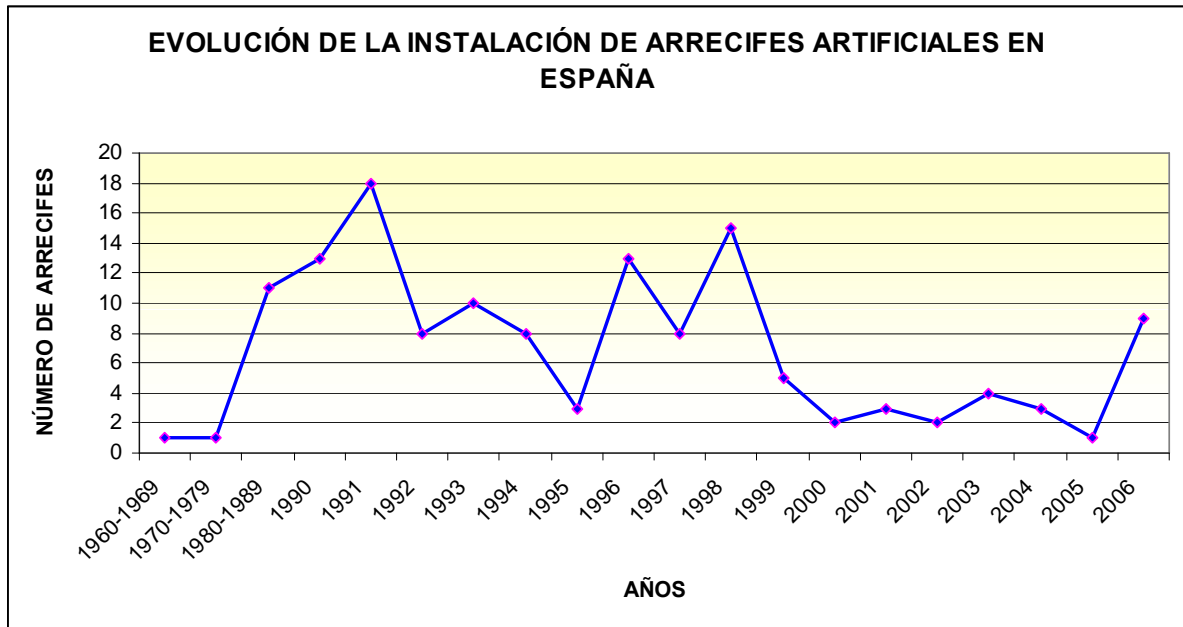


Figura 21. Evolución de la instalación de arrecifes artificiales en el litoral español.

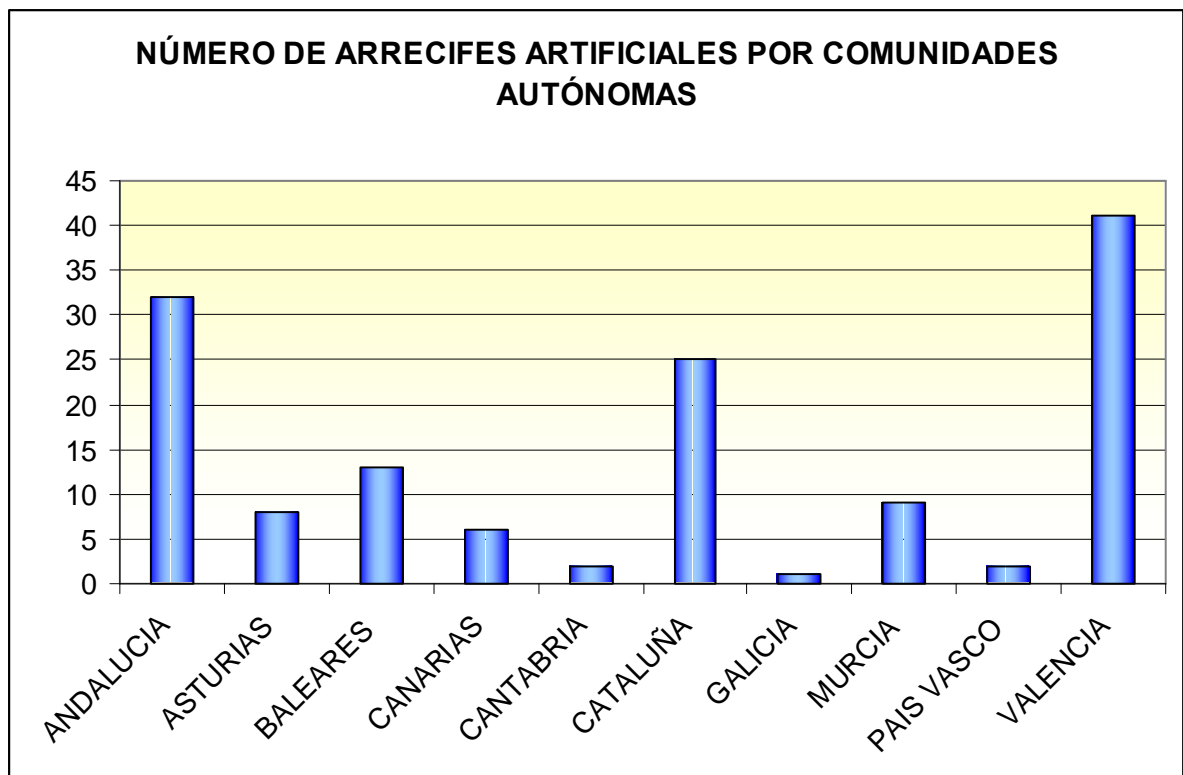


Figura 22. Número de arrecifes artificiales por Comunidades Autónomas



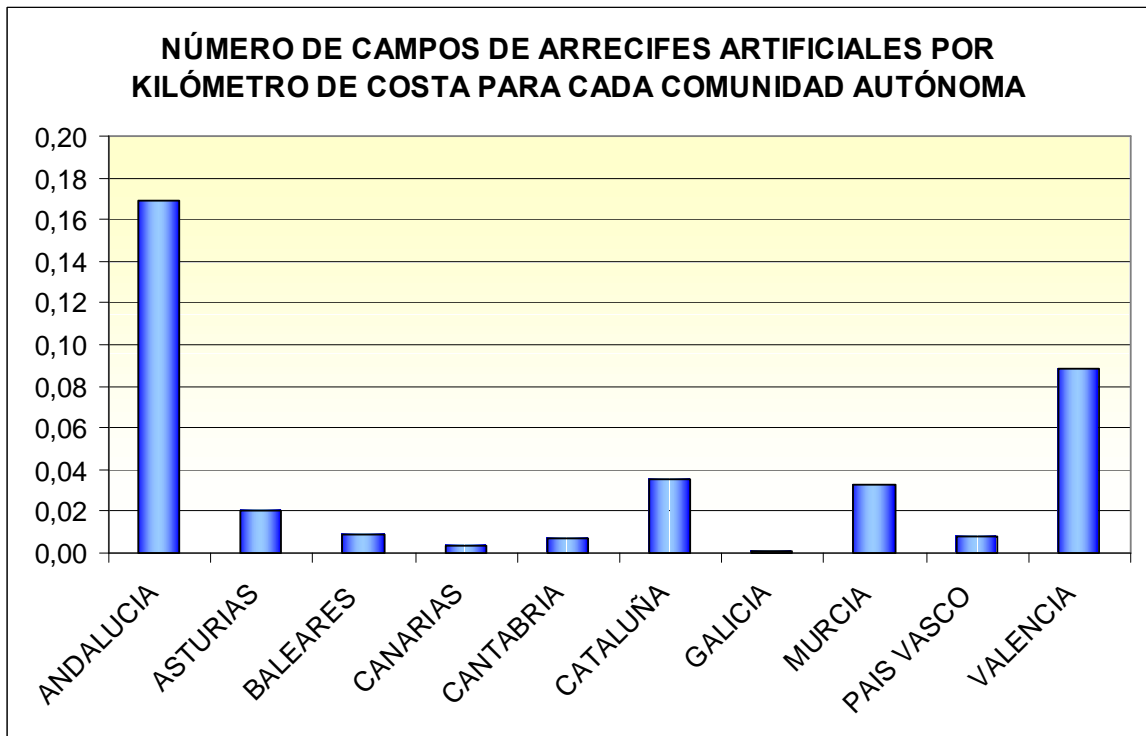


Figura 23. Número de arrecifes artificiales por kilómetro de costa por Comunidades Autónomas

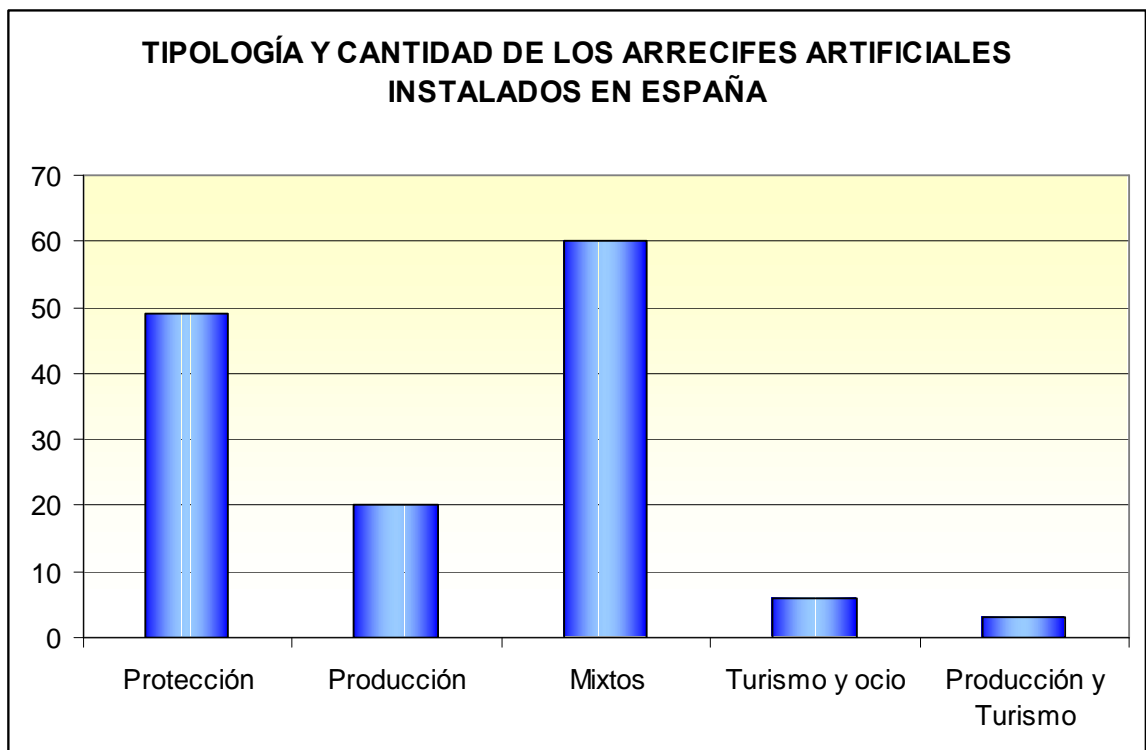


Figura 24. Tipología y número de arrecifes artificiales instalados en el litoral español (excluidos los de protección de la costa)

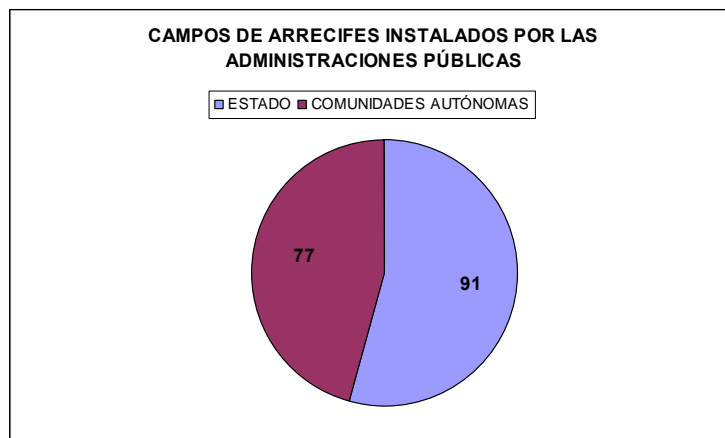


Figura 25. Cifra global de arrecifes artificiales instalados en España por el Estado y por las Comunidades Autónomas

En el anejo II, se incluye el inventario nacional de arrecifes artificiales, considerados como tales por el Ministerio de Agricultura y Pesca. No se incluyen por tanto los arrecifes destinados a la protección costera, si bien los correspondientes a esta tipología se han inventariado dentro del proceso de implementación de la Directiva Marco del Agua (Inventario de presiones e impactos de la D.G. de Costas)

En relación con los barcos hundidos, desde 1987 hasta la fecha la Dirección General de la Marina Mercante ha autorizado un total de 1.569 hundimientos de buques. La Figura 26 muestra la distribución anual del número de hundimientos llevados a cabo en el periodo considerado. Es necesario hacer notar que estas actuaciones se han promovido más con el fin de renovación de la flota que con el de promover arrecifes artificiales como sustitutorio del desguace y previa descontaminación, razón por la que no se han incluido en el inventario del anejo, ni en los gráficos relativos a arrecifes. La información sobre las posiciones exactas de los hundimientos resulta de difícil acceso, no existiendo proyectos específicos desde la óptica de arrecifes, ni estudios de seguimiento. Hay que considerar que los hundimientos se han llevado a cabo mediante autorización expresa de las respectivas Capitanías Marítimas, en calidad de vertidos desde buques y aeronaves, en virtud de la Orden de 26 de mayo de 1976 sobre prevención de la contaminación marina provocada por vertidos desde buques y aeronaves (BOE nº 134 de 4 de junio de 1976).

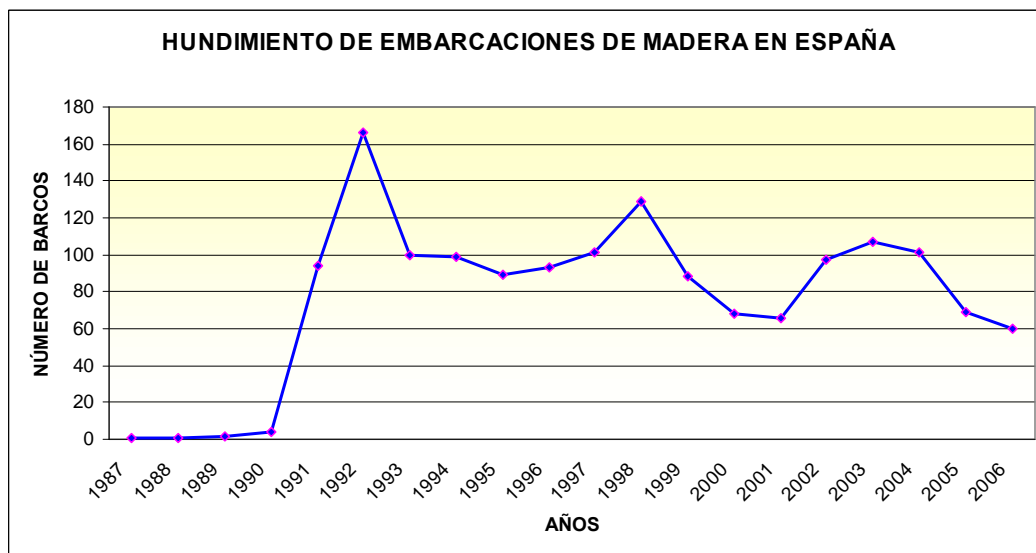


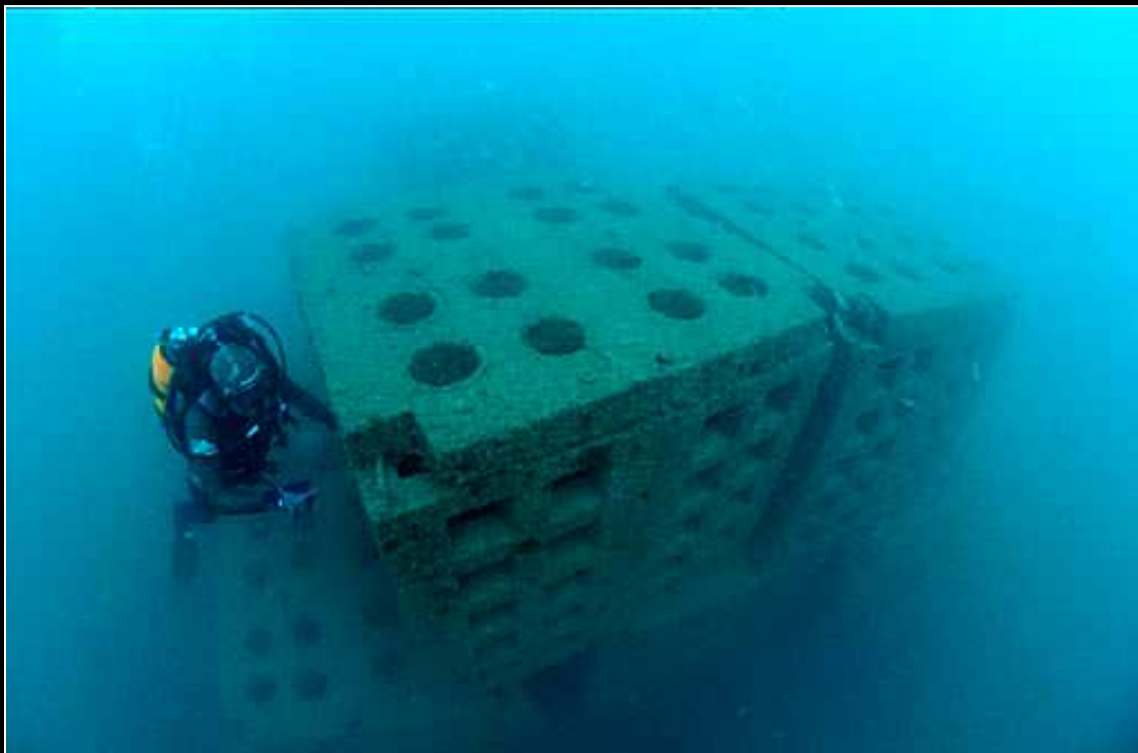
Figura 26. Evolución de temporal de hundimientos de barcos

Los buques de casco metálico hundidos con fines de arrecife de tipo recreativo son escasos, aunque el interés en este tipo de actuaciones es creciente. Estos hundimientos sí se han incluido en el inventario general de arrecifes artificiales del anejo II, al haberse desarrollado con la finalidad específica de crear un arrecife artificial.



# Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales

Parte II. Orientaciones para el Desarrollo de Proyectos de Arrecifes Artificiales.





## ÍNDICE

<b>PARTE II. ORIENTACIONES PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ARRECIFES ARTIFICIALES</b> . . . . .	1
<b>1. Justificación y objetivos de la actuación</b> . . . . .	1
<b>2. Información a incorporar en el proyecto</b> . . . . .	3
<b>3. Diseño de los arrecifes artificiales</b> . . . . .	13
<b>3.1. Criterios de diseño</b> . . . . .	14
3.1.1. Criterios de funcionalidad . . . . .	14
3.1.2. Configuración, forma y tamaño del arrecife artificial . . . . .	14
3.1.3. Complejidad estructural . . . . .	15
3.1.4. Elementos “disuasorios” en módulos arrecifales . . . . .	16
<b>3.2. Estudios necesarios</b> . . . . .	17
3.2.1. Estudio de dinámica litoral en el caso de los arrecifes destinados a actuar sobre la costa . . . . .	17
3.2.2. Estudio de estabilidad de los arrecifes frente al oleaje y las corrientes . . . . .	18
3.2.3. Estudio geomorfológico en el caso de los arrecifes destinados a la protección de ecosistemas . . . . .	18
3.2.4. Estudios de estabilidad de los módulos frente a las redes de arrastre en el caso de los arrecifes destinados a la protección de ecosistemas . . . . .	19
3.2.5. Estudio etológico y de dinámica poblacional de las especies objetivo cuyo fomento se pretende en el caso de arrecifes de producción-concentración . . . . .	20
3.2.6. Estudio de la actividad pesquera en la zona . . . . .	21
3.2.7. Estudio de la actividad económica ligada al buceo recreativo, surf, deportes náuticos, en el caso de los arrecifes con esta finalidad . . . . .	22
<b>4. Materiales</b> . . . . .	23
<b>4.1. Criterios de selección</b> . . . . .	23
4.1.1. Funcionalidad . . . . .	23
4.1.2. Compatibilidad . . . . .	23
4.1.3. Estabilidad . . . . .	23
4.1.4. Longevidad . . . . .	24
<b>4.2. Tipos de materiales</b> . . . . .	24
4.2.1. Hormigón . . . . .	25
4.2.2. Madera . . . . .	27
4.2.3. Rocas . . . . .	28
4.2.4. Electrodeposición . . . . .	29
4.2.5. Materiales reciclados inertes . . . . .	29
4.2.6. Barcos . . . . .	30
4.2.7. Plataformas marinas . . . . .	32
<b>5. Información ambiental</b> . . . . .	35
<b>5.1. Clima marítimo</b> . . . . .	35
<b>5.2. Transporte de sedimentos</b> . . . . .	36

5.3. Geomorfología . . . . .	36
5.4. Calidad de las aguas . . . . .	39
5.5. Calidad de los sedimentos . . . . .	39
5.6. Comunidades biológicas . . . . .	40
5.7. Medio perceptual . . . . .	40
5.8. Socioeconomía . . . . .	41
5.9. Infraestructuras . . . . .	41
5.10. Espacios protegidos . . . . .	41
5.11. Patrimonio histórico . . . . .	42
6. Selección del emplazamiento . . . . .	42
6.1. Profundidad . . . . .	42
6.2. Proximidad a la costa y puntos de acceso . . . . .	43
6.3. Orientación . . . . .	44
6.4. Interferencia con otros usos . . . . .	45
6.5. Condicionantes ambientales . . . . .	45
7. Colocación . . . . .	46
7.1. Planificación de las obras . . . . .	46
7.2. Instalación . . . . .	47
8. Fondeo de estructuras en desuso . . . . .	50
9. Orientaciones para la elaboración de los contenidos de los estudios de impacto ambiental . . . . .	52
10. Procedimiento administrativo . . . . .	53
10.1. Procedimiento general . . . . .	56
10.2. Variantes sobre el procedimiento general . . . . .	58
10.2.1. Arrecifes con fines pesqueros en aguas exteriores . . . . .	58
10.2.2. Arrecifes con fines pesqueros en aguas interiores . . . . .	59
10.2.3. Arrecifes destinados a la protección de ecosistemas con fines distintos a los pesqueros . . . . .	60
10.2.4. Arrecifes que actúan sobre el medio físico: destinados a la protección de la costa, creación de zonas de baño, zonas aptas para actividades deportivas u otros . . . . .	61
10.2.5. Arrecifes como biofiltros para acuicultura y como soporte para maricultura . . . . .	61
10.2.6. Arrecifes con fines recreativos, científicos, educativos y otros tipos . . . . .	61
11. Directrices del programa de seguimiento . . . . .	62
11.1. Seguimiento de la eficacia . . . . .	62
11.1.1. Seguimiento de la estabilidad del arrecife (movimiento, hundimiento e integridad estructural) . . . . .	63
11.1.2. Seguimiento de la eficacia en función del tipo de arrecife . . . . .	64
11.2. Seguimiento ambiental . . . . .	72



<b>12. Desmantelamiento del arrecife</b> . . . . .	74
<b>12.1. Planificación de las obras de desmantelamiento</b> . . . . .	75
<b>12.2. Desinstalación, transporte y gestión</b> . . . . .	76
<b>12.3. Control de la calidad de obra</b> . . . . .	77
<b>13. Bibliografía.</b> . . . . .	77

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Información a incorporar al proyecto.</i> . . . . .	9
Figura 2. <i>Modelos de arrecifes artificiales contruidos con hormigón</i> . . . . .	26
Figura 3. <i>Arrecife artificial sumergido construido con módulos de hormigón</i> . . . . .	26
Figura 4. <i>Los pecios de madera deben ser lastrados para garantizar su estabilidad</i> . . . . .	27
Figura 5. <i>Arrecife artificial sumergido construido con roca ostionera natural</i> . . . . .	28
Figura 6. <i>Formación de un arrecife artificial a partir de un barco de acero.</i> . . . . .	32
Figura 7. <i>Hundimiento de una plataforma marina</i> . . . . .	32
Figura 8. <i>Plataforma petrolífera en funcionamiento</i> . . . . .	33
Figura 9. <i>Plataforma petrolífera abandonada en el Golfo de México</i> . . . . .	34
Figura 10. <i>Ejemplo de un estudio de circulación hidrodinámica de una zona costera.</i> . . . . .	36
Figura 11. <i>Batimetría y topografía de una parte de la costa mallorquina</i> . . . . .	37
Figura 12. <i>Registros del levantamiento morfológico realizado con Sonar de barrido Lateral</i> . . . . .	37
Figura 13. <i>Batimetría realizada con sistema de sonar multihaz modelo Hydrosweep</i> . . . . .	38
Figura 14. <i>Representación de un estudio morfológico superficial realizado con sistema de Sonar de Barrido Lateral</i> . . . . .	39
Figura 15. <i>Draga tipo Van Veen con cierre hermético</i> . . . . .	40
Figura 16. <i>Diseño de construcción de arrecifes artificiales a determinadas profundidades</i> . . . . .	43
Figura 17. <i>Diseño de construcción de arrecife artificial a una determinada distancia de la costa</i> . . . . .	44
Figura 18. <i>Arrecifes artificiales con varias orientaciones junto a la playa</i> . . . . .	44
Figura 19. <i>Construcción en el puerto de módulos de producción</i> . . . . .	47
Figura 20. <i>Las operaciones de fondeo pueden llegar a requerir la participación de buceadores.</i> . . . . .	49
Figura 21. <i>Las estructuras de producción o mixtas deben ser depositadas suavemente sobre el fondo</i> . . . . .	49
Figura 22. <i>Estructura de avión lista para fondear como arrecife artificial</i> . . . . .	51
Figura 23. <i>Barco fondeado como arrecife artificial.</i> . . . . .	52
Figura 24. <i>Labores de seguimiento de un arrecife de producción</i> . . . . .	66
Figura 25. <i>Módulos de arrecifes de hormigón limpios y desmantelados</i> . . . . .	76



## **PARTE II. ORIENTACIONES PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ARRECIFES ARTIFICIALES**

Toda solicitud de desarrollo de una actuación mediante Arrecifes Artificiales del tipo que sea deberá acompañarse de los correspondientes documentos técnicos que corresponden al anteproyecto y en su caso al proyecto constructivo de acuerdo a lo recogido en la normativa vigente.

Cualquier proyecto técnico para la instalación de arrecifes artificiales debe seguir una serie de pasos e incluir una serie de estudios que permitan justificar la necesidad y/o viabilidad del mismo.

En esta segunda parte de la Guía Metodológica se describen las pautas que se recomienda seguir en la redacción de un proyecto de arrecife artificial, en función de la finalidad para la que se diseña, así como el contenido de los estudios que deben integrarse en el mismo.

### **1.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DE LA ACTUACIÓN**

Todo proyecto de arrecife artificial debe responder a la existencia real de una necesidad determinada que lo justifique, si bien, es frecuente que a ese objetivo principal para el que se proyecta, puedan sumársele otros objetivos secundarios que darían un valor añadido a la actuación. Por tanto, es posible el planteamiento de diseños multipropósito que aúnen varios objetivos.

En ciertos textos internacionales sobre la materia se hace referencia a la “selección del mejor emplazamiento” o a la “valoración de distintos emplazamientos”, casos que se refieren claramente a la ubicación de un material como objetivo, chocando frontalmente con la filosofía que debe subyacer en cualquier proyecto de arrecife artificial: un arrecife artificial debe ser un medio o una técnica, y nunca un fin en sí mismo, que se emplea con unos determinados objetivos en una parte determinada del territorio donde se dan unos determinados problemas o circunstancias, susceptibles de mejora o solución mediante estas actuaciones.

Por tanto, para la instalación de cualquier tipo de arrecife artificial resulta imprescindible una justificación adecuada de la necesidad o conveniencia del proyecto. Todos los proyectos deberán incluir, por lo tanto, un apartado que contenga un análisis de los antecedentes y circunstancias que se han considerado a la hora de tomar la decisión de promover la instalación del arrecife artificial, y que justifique la conveniencia de la medida como medio para conseguir el objetivo pretendido. Por tanto, como piedra angular de este análisis justificativo, se deberán identificar claramente los objetivos para los que se ha diseñado el arrecife artificial.

Si la finalidad del arrecife es la protección de ecosistemas, comúnmente aunque no exclusivamente praderas de fanerógamas, frente a la pesca ilegal de arrastre u otras actividades que produzcan daños mecánicos, deberá documentarse la situación que se pretende corregir, entendida como los estudios de verificación que muestren que la actividad pesquera irregular se está llevando a cabo en la zona, así como la tipología y magnitud de los daños provocados en el ecosistema que se pretende proteger, incluyendo asimismo, un análisis de las medidas adoptadas con anterioridad para evitar esta situación, su grado de

eficacia o la justificación de la imposibilidad de su control, que justifique la adopción de esta medida frente a otras alternativas de gestión pesquera.

En el caso de los arrecifes cuya finalidad sea la producción, concentración o atracción con fines pesqueros, su promoción debe justificarse en base a un análisis de las poblaciones de las especies pesqueras que se pretenden mejorar, tanto desde la perspectiva biológica como pesquera. Deberá justificarse la necesidad del arrecife como un elemento que pueda incidir favorablemente en la dinámica poblacional, incluyendo el mecanismo en que se pretende que éste influya: dar soporte estructural o hábitat adecuado en determinadas etapas del crecimiento de las mismas, mejora de la situación trófica mediante el incremento de la disponibilidad de alimento por incremento de la capacidad de carga bruta o biomasa total del medio, disminución de la predación natural mediante la disposición de refugio, mejora de la tasa de supervivencia en las primeras etapas de desarrollo por la presencia del hábitat adecuado y el recurso alimentario, etc. Asimismo deberá abordarse un análisis de la actividad pesquera existente, desde una perspectiva técnica y socioeconómica, considerando el estudio comparado de su evolución sin actuar, y con la actuación prevista, incluyendo las medidas de planificación y gestión pesquera que permitan soportar una gestión sostenible de los recursos con los nuevos elementos.

En el caso de los arrecifes con fines recreativos y de ocio, deberá documentarse la vocación territorial a estos efectos, mediante el análisis socioeconómico adecuado. Se deberá incluir un análisis de la actividad de buceo recreativo existente, su potencialidad en la zona, los puntos habituales de inmersión y la evaluación de los efectos de la misma sobre el medio, al objeto de abordar un análisis comparado entre la situación existente y la prevista, que permita justificar la bondad de la medida.

En los arrecifes destinados a actuar sobre el medio, como protección costera o para el fomento de las actividades recreativas (surf, baño...), deberá incluirse un estudio justificativo del objetivo que se pretende conseguir y el análisis de las alternativas consideradas, que muestre la necesidad de la actuación en todos sus extremos, considerando el conjunto de sus impactos sobre el medio.

Asimismo, el proyecto deberá incluir una descripción detallada del diseño de la estructura y de los materiales que la configurarán. El diseño (forma, tamaño, cavidades, distribución de los módulos) y los materiales (densidad, rugosidad, longevidad), son determinantes a la hora de asegurar la consecución de los objetivos de un arrecife artificial. Por ello su descripción habrá de ir acompañada de una justificación en relación a la finalidad del arrecife artificial. Dicho de otra manera, será necesario indicar las razones por las que se ha optado por unos determinados diseños y materiales, razones que deberán garantizar el cumplimiento de las funciones del arrecife.

Otro factor que influye de manera determinante en el buen funcionamiento de un arrecife artificial es su emplazamiento (profundidad, distancia a la costa, actividad pesquera, etc.). Resulta imprescindible incluir en todo proyecto un plano a escala adecuada de la zona escogida para la ubicación del arrecife, indicando, además del lugar exacto de colocación, la siguiente información:

- Batimetría
- Zonas de acceso más cercanas, como rampas, marinas o puertos
- Presencia, si los hubiera, de otros arrecifes artificiales
- Presencia, si los hubiera, de emisarios submarinos u otras infraestructuras marinas

- Presencia, si las hubiera, de zonas protegidas por cualquier tipo de legislación
- Presencia de especies y hábitats protegidos por cualquier legislación

El objetivo perseguido por el arrecife artificial deberá tratar de explicar el lugar escogido para su emplazamiento.

Dentro de la descripción del proyecto deberán incluirse también los métodos de construcción e instalación del arrecife. Será necesario describir con precisión los detalles previstos para el hundimiento, la colocación y el anclaje de la estructura. Si se trata de estructuras ya construidas, como en el caso de los barcos, deberá detallarse además, el proceso de descontaminación y acondicionamiento de las mismas para su uso como arrecife artificial.

Finalmente, el proyecto deberá recoger una estimación de la vida útil del arrecife artificial, así como un análisis de costes-beneficios, tanto desde el punto de vista socio-económico como ambiental. La autorización de instalación de un arrecife artificial dependerá de que este análisis tenga como resultado un beneficio neto.

## **2.- INFORMACIÓN A INCORPORAR EN EL PROYECTO**

Todo proyecto de arrecife artificial deberá contar con un contenido mínimo que integre información tanto a nivel del proyecto constructivo como de la fase de instalación, así como de los efectos ambientales previstos, de manera que permita evaluar la viabilidad del arrecife artificial.

El contenido mínimo a incluir en los proyectos es el que se relaciona a continuación, si bien es necesario tener en cuenta que cada proyecto particular deberá limitar o abundar en el desarrollo de cada punto en función del tipo de arrecife artificial que se pretenda instalar, o las características de la zona seleccionada para su emplazamiento.

El contenido de los proyectos técnicos para el desarrollo de una actuación de arrecifes artificiales, sea de obra o instalación, se adaptará a la estructura de los proyectos de obra recogida en la legislación vigente (Art. 85 a 100 del Reglamento de la Ley de Costas, 42 a 46 de la Ley de Costas, 124 a 134 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y Art. 124 de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas).

En concreto el proyecto de arrecifes artificiales contendrá al menos los siguientes documentos técnicos:

- a. Una **Memoria Descriptiva** en la que se defina el objeto de las obras, que recogerá los antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer, los factores sociales, técnicos, económicos y administrativos que se tienen en cuenta para plantear el problema a resolver, y la justificación de la solución que se propone desde los puntos de vista técnico, ecológico, económico y social, así como los datos y cálculos básicos correspondientes, detallándose los factores de todo orden a tener en cuenta mediante los correspondientes Anejos.
- b. Los **Planos** de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida, así como los que delimiten la ocupación de terrenos y la restitución de servidumbres y demás derechos reales, en su caso, y servicios afectados por su ejecución.

- c. El **Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares** donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución, con expresión de la forma en que ésta se llevará a cabo, de la medición de las unidades ejecutadas y el control de calidad y de las obligaciones de orden técnico que correspondan a quien ejecute la obra o instalación.
- d. Un **presupuesto**, integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios y de los descompuestos, en su caso, estado de Mediciones y los detalles precisos para su valoración.

El proyecto técnico deberá estar suscrito por técnicos competentes.

## 2.1. Memoria Técnica

Serán factores a considerar en la memoria los técnicos, económicos, sociales, administrativos y estéticos, si el proyecto de arrecifes artificiales contemplara estas funcionalidades.

Así mismo se considerará en la Memoria las justificaciones de la solución adoptada en sus aspectos técnico, funcional y económico y de las características de todas las unidades de obra proyectadas.

Se indicarán en ella los antecedentes y situaciones previas a las obras, métodos de cálculo y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollo se incluirán en anexos separados.

También figurarán en otros anexos: el estudio de los materiales a emplear y los ensayos realizados con los mismos y, en caso de materiales de recuperación o artefactos no creados originalmente con el fin de servir como arrecifes artificiales, se incluirá la descripción de los procesos y controles de acondicionamiento y descontaminación para su uso como arrecifes artificiales.

También figuraran como Anejos la justificación del cálculo de los precios adoptados, las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas y el presupuesto para conocimiento de la Administración, obtenido por la suma de los gastos correspondientes al estudio y elaboración del proyecto, cuando procedan, del presupuesto de las obras.

Como las actividades incluidas en el proyecto de arrecifes artificiales requieren necesariamente una ocupación temporal o permanente del dominio público que pudiera producir una alteración importante del dominio público marítimo-terrestre, se requerirá además una previa evaluación de sus efectos sobre el mismo. Dicha evaluación comprenderá el estudio de la incidencia de las actividades proyectadas sobre el dominio público marítimo-terrestre, tanto durante su ejecución como durante su explotación, debiendo incluir, en su caso, las medidas correctoras necesarias.

La memoria contendrá así mismo los siguientes apartados (con \* se indican aquellos puntos que sólo son requeridos en el caso de proyectos promovidos por la Administración, en virtud del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas):

- **Análisis justificativo y objetivos**

Se incluirá un análisis justificativo de la actuación tal y como se describe en el apartado 1.

- **Descripción del emplazamiento**

Incluirá la identificación precisa de la zona seleccionada para la ubicación del arrecife (coordenadas del polígono, distancia a costa, profundidad y tipo de fondo), así como de las razones que han llevado a proponer esta solución técnica frente a otras consideradas.

Para ello, el proyecto deberá incorporar los correspondientes planos, de escala máxima 1:25.000 y georeferenciados de acuerdo con el sistema WGS84. Independientemente se deberá aportar un plano de localización y emplazamiento sobre la base cartográfica de las cartas náuticas del Instituto Hidrográfico de la Marina.

Todo proyecto de instalación de arrecifes artificiales deberá reunir la información referente a otros usos del mar en la zona escogida para el emplazamiento.

- **Estudios previos realizados**

Se justificará la cantidad, tipo y extensión de los estudios necesarios para definir el proyecto, relacionándose en este punto todos los estudios realizados. Los aspectos de metodología se describirán como apartados en el correspondiente anejo de descripción del medio.

Se realizará un inventario descriptivo sobre los siguientes aspectos:

Descripción del medio físico:

- Clima marítimo.
- Transporte de sedimentos.
- Geomorfología.
- Calidad del agua.
- Calidad de sedimentos.

Descripción del medio biótico:

- Comunidades biológicas.
- Hábitats y especies presentes, teniendo especial consideración a los protegidos por la normativa nacional e internacional en vigor.

Descripción del medio perceptual.

Descripción del medio socioeconómico (recursos, usos e infraestructuras):

- Caladeros de pesca.
- Rutas de navegación.
- Deportes náuticos.
- Yacimientos de áridos.
- Emisarios y cables submarinos.
- Estructuras de acuicultura.
- Instalaciones de energía eólica.
- Instalaciones de energía undimotriz y mareomotriz.

- Zonas de exclusión militar.
- Cualquier otro potencial uso futuro de la zona.
- Patrimonio histórico.
- Espacios protegidos.

La representación cartográfica de toda esta información deberá ser aportada en los mismos planos donde aparezca localizada la instalación proyectada, de forma que su observación superpuesta facilite la valoración de la idoneidad del emplazamiento.

- **Diseño y tipos de materiales**

Se describirá el diseño del arrecife y de los elementos que lo forman, y se identificará la tipología de los materiales a utilizar para su construcción.

- **Definición del número de elementos modulares a emplear**
- **Motivos que argumentan la elección de los elementos modulares.**
- **Descripción de las Obras y Proceso Constructivo**

Descripción de las obras de construcción de los módulos en tierra

Se argumentará la selección del lugar de obra de acuerdo al conjunto de trabajos, características de los elementos modulares a construir, infraestructuras disponibles y medios de obra a emplear, transporte terrestre, acopio y carga a los medios marítimos. En el caso de empleo de materiales de recuperación, acondicionamiento y descontaminación, transporte terrestre y acopio si lo tuvieran.

Colocación (Transporte Marítimo e Instalación)

Se incorporará un apartado relativo a la metodología de la instalación de las estructuras sobre el fondo, incluyendo una valoración de los medios necesarios, especificaciones y cautelas a tomar en consideración.

- **Plazo de Ejecución**
- **Formula de Revisión de Precios (\*)**
- **Clasificación del Contratista (\*)**

Si conforme al artículo 25 de la LCAP resultase exigible la clasificación, el órgano de contratación, al aprobar los proyectos de las obras e instalaciones de arrecifes artificiales, fijará los grupos y subgrupos en que deben estar clasificados los contratistas para optar a la adjudicación del contrato, a cuyo efecto, el autor del proyecto acompañará propuesta de clasificación.

- **Declaración de Obra Completa (\*)**
- **Declaración del Cumplimiento de la Ley de Costas**



Los proyectos contendrán en la Memoria la declaración expresa de que cumplen las disposiciones de la Ley de Costas y de las normas generales y específicas que se dicten para su desarrollo y aplicación. (Artículo 44.7 de la Ley de Costas).

- **Presupuesto**
- **Documentos de que consta el Proyecto**
- **Conclusiones**

## 2.2. Anejos a la Memoria

### 1. Bases de partida, criterios de diseño y documentación empleada.

### 2. Estudios realizados.

Se incluirán los estudios abordados, considerando tres grupos:

#### A. Aquellos destinados a elaborar el inventario ambiental, que se describen en el capítulo correspondiente de la presente guía:

- Clima marítimo y Dinámica litoral.
- Propagación del Oleaje, Plano de Oleajes y caracterización de éste respecto a la obra prevista.
- Estudio Socio-ambiental: recoge toda la información necesaria para la descripción del medio en el que se prevé realizar las obras o instalaciones, medio geológico, físico y químico, características bionómicas, recursos naturales vivos e inertes, contaminación, usos, infraestructuras presentes y previstas, caracterización socio-económica en relación al área ordenada o el proyecto en sí.

Este Anejo deberá contener al menos con dos planos:

Plano de Descripción de los Trabajos Realizados, que describe aspectos como los recorridos realizados en los levantamientos la superficie barrida en el caso del empleo de SBL, los recorridos con video submarino, la situación de las inmersiones, los vértices geodésicos integrados en el estudio de replanteo topográfico, el tipo, número y situación de las muestras de cualquier naturaleza tomadas y en resumen, todo aquel aspecto metodológico de adquisición de información que tenga una representación espacial.

Plano de Síntesis de la Información que recogerá todos los resultados de la información con representación geográfica necesaria para definir el proyecto. En este plano se representará también el replanteo de la solución técnica adoptada en el proyecto.

#### B. Otros estudios destinados a valorar la funcionalidad del arrecife, que se describen en el apartado relativo al diseño, y entre los que al menos deben incluirse los siguientes:

- Estabilidad de los elementos modulares frente al clima marítimo.

- Cálculos estructurales de los elementos modulares del arrecife artificial, en relación con el mantenimiento de las características estructurales por peso propio y por las manipulaciones a que debe ser sometida la pieza durante el desarrollo de las obras.
  - Estabilidad y permanencia de los elementos modulares frente al tiro de embarcaciones (En el caso de los arrecifes artificiales de protección de recursos naturales vivos).
- C. Estudio de contaminantes presentes en las estructuras a fondear y proyecto de descontaminación y acondicionamiento (sólo para los casos en que se pretenda utilizar una estructura en desuso).

Puesto que no todos los proyectos de arrecifes artificiales requieren la incorporación de la misma información, a continuación se presenta un esquema resumen en el que se identifican los estudios necesarios en función de la tipología de arrecife artificial que se pretenda instalar.

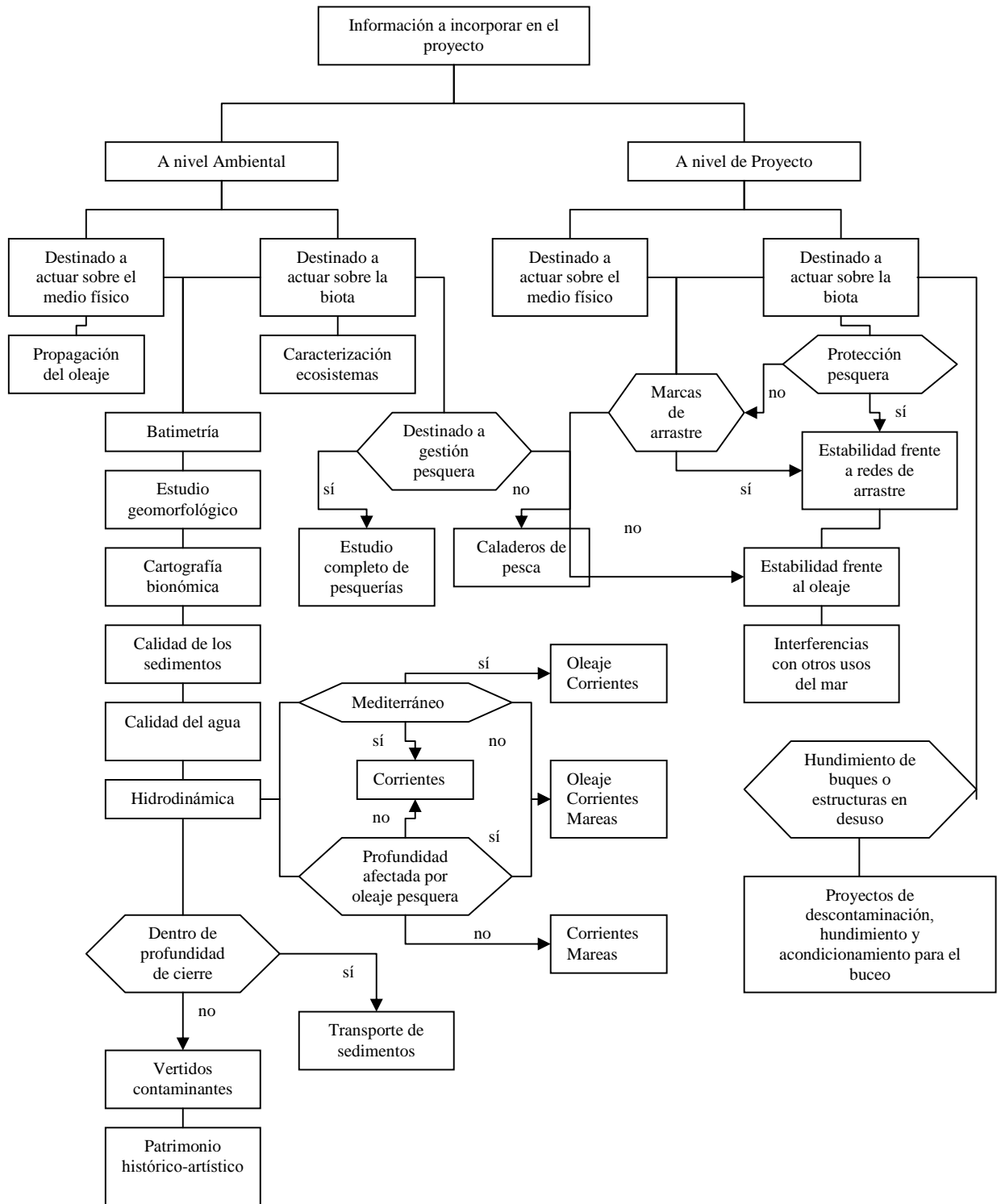


Figura 1. Información a incorporar al proyecto

### **3. Legislación aplicable.**

### **4. Señalización y Replanteo.**

Replanteo de la obra o instalaciones y las referencias de todo tipo en que se fundamentará. Generalmente este anejo se limita a decir precisamente que por su ubicación fuera de rutas de navegación y por los calados resultantes, no crea ningún peligro para la navegación y por tanto ésta no es necesaria, considerando precisamente que un balizamiento no necesario constituye en si mismo un obstáculo para la navegación. No obstante, en otras ocasiones podrá ser necesario en función de su uso y el emplazamiento.

### **5. Control de Calidad de las obras.**

Debido a la complejidad de este tipo de operaciones, al tratarse de fondeos habitualmente a más de 15 metros y no ser observadas de manera directa desde la superficie, se ha de procurar destinar una parte del presupuesto del proyecto al concepto de calidad de la obra, que debe formar parte integrante del proyecto e incluir, al menos:

- Control de calidad de los Materiales.
- Control de calidad de las Obras y procesos constructivos.
- Control de Calidad de los procesos de Trabajos Marítimos.
- Control de Calidad de los Resultados de la instalación.

Estos controles conllevarán entre otras las siguientes actividades:

- Probetas de hormigón, a definir por la dirección de la obra, para el análisis de calidad del material en el laboratorio (en los casos de utilización de tal material).
- Replanteo final de la obra mediante la utilización de los medios adecuados de prospección del fondo marino (p.ej.: sonar de barrido lateral) que cubra la totalidad del área del proyecto.
- Filmación de un documento audiovisual de los trabajos de construcción y de hundimiento de las estructuras, así como del conjunto del arrecife una vez instalado.

### **6. Justificación de precios descompuestos adoptados.**

### **7. Programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo, con previsión, en su caso, de fases, cronología y costes.**

### **8. Declaración de obra completa en el sentido permitido o exigido respectivamente por los artículos 68.3 de la LCAP y 125 del Reglamento de dicha ley (\*).**

### **9. Estudio de Seguridad y Salud.**

El estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo, en los términos previstos en la normativa vigente de seguridad y salud en las obras, ha de establecer, durante la construcción (que finaliza una vez instaladas las estructuras en el fondo marino), las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y de enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, de

conservación, de entretenimiento y de mantenimiento, y de las instalaciones preceptivas de higiene y de bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar las directrices básicas a la empresa encargada de la ejecución del proyecto para llevar a término sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo bajo el control del coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de las obras o, en su defecto, de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un *Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo* en los proyectos de edificación y de obras públicas.

Este estudio se compone así mismo de la correspondiente memoria, planos y presupuesto de acuerdo a la normativa vigente.

### **10. Estudios de Seguimiento.**

Se incluirá un Programa de Seguimiento, que tendrá el contenido mínimo que se describe en el apartado 11 de la presente Guía.

### **11. Descripción Técnica de Trabajos de Desmantelamiento.**

Ante la posibilidad de que el Programa de Seguimiento ponga en evidencia que el arrecife, lejos de cumplir con los objetivos para los que se diseñó, esté dando lugar a efectos perjudiciales para el medio ambiente, se incluirá un proyecto de desmantelamiento tal y como se define en el apartado 12 de la presente Guía.

Así mismo se incluirá como Anejos cuanta documentación venga prevista en normas de carácter legal o reglamentario en relación con el objeto específico del proyecto de obras o instalaciones de arrecifes artificiales.

Cuando la obra haya de ser objeto de explotación retribuida se acompañarán como Anejos los estudios económicos y administrativos sobre régimen de utilización y tarifas que hayan de aplicarse.

## **2.3. Planos**

Los planos deberán ser lo suficientemente descriptivos para que puedan deducirse de ellos las mediciones que sirvan de base para las valoraciones pertinentes y para la exacta realización de la obra.

El proyecto de arrecifes artificiales deberá contener al menos los siguientes:

- **Situación**, a escala conveniente.
- **Emplazamiento**, con representación del deslinde y de la zona a ocupar, a escala no inferior a 1/25.000.
- **Geomorfológico**, con la batimetría de detalle y características del estado actual.

- **Clasificación y usos del entorno**, representando infraestructuras, restricciones de uso, yacimientos, límites administrativos, vías de navegación, caladeros y cuantas limitaciones por conflicto de usos se hayan detectado.
- **Bionómico**, incluyendo un plano con la distribución espacial de las biocenosis bentónicas, y otro de valor ecológico o fragilidad, en base a criterios científicos comúnmente aceptados, así como a criterios legales (especies y hábitats protegidos).
- **Planos descriptivos de los elementos modulares**, incluyendo plantas, alzados, secciones, perspectivas y descripción estructural. Estos planos también incluirán la descripción de los sets o agrupamientos si los elementos modulares forman construcciones o amontonamientos. En el caso de emplear elementos de recuperación igualmente se presentarán planos de detalle de conjunto y de las partes que lo constituyen con una descripción gráfica detallada de la estructura o elemento antes y después de su acondicionamiento y descontaminación para su empleo como arrecife artificial. Entre estos serán imprescindibles al menos los siguientes:
  - o **Planta general**, en que se representen las instalaciones y obras proyectadas, que incluirá el deslinde y la superficie a ocupar o utilizar en el dominio público marítimo-terrestre, líneas de orilla, zonas de servidumbre de tránsito, protección y accesos y, cuando proceda, restablecimiento de las afectadas y terrenos a incorporar al dominio público marítimo-terrestre.
  - o **Alzados y secciones características**, cuando resulten necesarios para su definición, con la geometría de las obras e instalaciones.
  - o **Plano de Replanteo**, en este plano quedará representada y descrita de forma clara la distribución de unidades arrecifales y agrupamientos en polígonos de instalación o núcleos alveolares y de éstos en las Zonas Arrecifales que constituyen el Arrecife Artificial. Si la escala de representación del conjunto no permitiera la descripción en detalle de las unidades y módulos arrecifales, se realizarán cuantos planos de detalle sean necesarios para su correcta y clara descripción.
  - o **Plano de representación del conjunto del Arrecife Artificial**, por su escala Zonas Arrecifales como mínimo, sobre cartografía oficial del Instituto Hidrográfico de la Marina.

Todos los planos con representación geográfica deberán realizarse en proyección UTM (salvo el preceptivo plano de representación sobre la carta del Instituto Hidrográfico de la Marina que se realiza lógicamente en la proyección de dicho plano, generalmente Mercator). Así mismo el datum de todos los planos con representación geográfica será WGS-84. En estos planos se representarán conjuntamente las retículas de coordenadas UTM X e Y según el huso correspondiente al área geográfica determinada en la división de esta proyección así como la retícula de coordenadas geodésicas en grados, minutos y fracciones de minuto hasta la milésima (ej.: 40° 25' 726 N, 002° 32'634 E).

## 2.4. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá contener como mínimo:

- Capítulo I: Descripción de la Obras y Normas Aplicables.
- Capítulo II: Condiciones que deben satisfacer los Materiales.
- Capítulo III: Condiciones de Ejecución de las Obras.
- Capítulo IV: Condiciones de Medición y Abono de las Obras
- Capítulo V: Disposiciones Finales.

## 2.5. Mediciones y Presupuestos

Deberá contener como mínimo:

- Mediciones
- Cuadros de Precios
- Presupuesto General
  - Presupuesto de Ejecución Material
  - Presupuesto de Ejecución por Contrata

## 3.- DISEÑO DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES

La parte más importante en la planificación de los arrecifes es el diseño. Tanto el diseño como los materiales son fundamentales a la hora de que un arrecife artificial sea capaz de cumplir con sus objetivos. El diseño representa la parte del proceso de planificación que determina la composición, disposición y localización de los materiales que se usarán como arrecifes para llevar a cabo el propósito establecido, y que está de acuerdo con conceptos técnicamente válidos y métodos relacionados a la construcción, financiación y consideraciones ambientales. Por ello se ha optado aquí por definir una serie de criterios a tener en cuenta en el diseño de un arrecife

La estructura y materiales de un arrecife artificial suelen depender principalmente del objetivo perseguido a la hora de diseñarlo, además de otros factores como son el económico o la disponibilidad de material. Esto no significa que todos los arrecifes pertenecientes a una misma tipología deban contar con la misma estructura y materiales; al contrario, existen multitud de diseños posibles para alcanzar un mismo fin. Bloques de hormigón de distinta morfología, diques de escollera, cascos de barcos en desuso, estructuras sencillas o complejas, ramificadas, de cerámica, de PVC, con mallas, etc., son algunas de las estructuras empleadas como arrecifes artificiales, aunque algunas como es el caso de los neumáticos se han mostrado claramente inadecuadas, debiendo ser descartado su uso en el futuro bajo cualquier supuesto.

### **3.1.- CRITERIOS DE DISEÑO**

#### **3.1.1.- Criterios de funcionalidad**

Las estructuras diseñadas han de resultar fáciles de adquirir o fabricar, y su manipulación, transporte y fondeo, deben ser seguros y rentables. Se tienen que diseñar pensando en los objetivos a los que van destinados.

Un buen diseño de los elementos para un arrecife artificial incluye que la forma sea tal que "atraiga" vida animal, que promueva que algas, peces, moluscos, corales etc. se establezcan con rapidez en su superficie y entorno. Al cabo de un tiempo los elementos recién colocados deben integrarse al medio mimetizándose con él al cubrirse con algas, corales y al ser rodeados de peces y vida marina en general. Pero en el caso de arrecifes en contacto con nadadores también es importante que se parezca lo más posible a lo que hace la naturaleza y que el bañista no se encuentre con elementos de formas definidas y simétricos que a primera vista detecte lo "artificial" del arrecife. Cuando un arrecife artificial se forma con elementos geométricos, las aristas muy definidas, puntas, huecos regulares en forma y tamaño, si bien funcionan como atractivo de vida marina, también provocan rechazo visual a los turistas pues no parecen naturales e incluso pueden resultar peligrosos.

#### **3.1.2.- Configuración, forma y tamaño del arrecife artificial**

La complejidad o diversidad estructural del arrecife es uno de los factores que más afecta al volumen de biomasa que se asienta sobre él, así como a la diversidad de organismos. Numerosos estudios demuestran una marcada preferencia entre distintas especies por algunos tipos particulares de diseños o partes de la estructura artificial instalada. La forma y tamaño de los bloques deberán diseñarse en función del objetivo y tipo de fondo. Las características de las unidades (bloques o módulos), la forma, el tamaño, el peso, la heterogeneidad espacial, el grupo básico de unidades, la disposición y distancia entre bloques, son factores de diseño que han de estudiarse muy profundamente en cada caso, en base al objetivo pretendido.

Los arrecifes artificiales de tipo "protección", presentan una forma compacta y maciza, con vigas que cruzan su cuerpo de modo que actúan como elementos estructurales disuasorios. Se emplean generalmente para evitar el empleo de técnicas ilegales de pesca u otras acciones mecánicas sobre el medio.

Si se pretende crear un ecosistema con una gran diversidad de organismos, las estructuras han de tener la máxima complejidad posible, ya que se ha observado una relación directa entre complejidad y diversidad. En este caso, los arrecifes artificiales de tipo producción y de tipo atracción-concentración resultan muy eficaces para conseguir un incremento de la supervivencia de especies, de su crecimiento y de su reproducción. Directamente este efecto aumenta la biomasa y biodiversidad del ecosistema y de los recursos pesqueros. Su forma y diseño está compuesta por muchas cavidades. Este tipo de estructuras, conocidas como de tipo alveolar, favorece la colonización por las especies marinas.

En el caso de que se pretendan ambas finalidades (protección y producción), es posible optar por los bloques de tipo "mixtos", cuya forma es una mezcla de los arrecifes tipo protección y tipo producción (con elementos disuasorios y estructura tipo alveolar).



También resulta importante la forma y el tamaño del arrecife, que no sólo influye en la biomasa, sino también en el número total de especies e individuos. Un arrecife artificial, según el tamaño que tenga, puede actuar como estimulante visual o como referencia espacial para determinadas especies.

Asimismo, el perfil del arrecife también influye sobre las especies y la biomasa. Si el objetivo es proveer de un hábitat adecuado a las especies demersales, el perfil del arrecife deberá ser bajo, mientras que si se busca crear un hábitat con poblaciones más diversas, una combinación de arrecifes altos y bajos puede resultar adecuada.

La diversidad y la biomasa de las comunidades que se asienten sobre un arrecife artificial dependerán también de la distribución y el número de módulos que lo constituyan. Un arrecife dividido en diversos grupos, polígonos o núcleos arrecifales puede atraer a una mayor cantidad de especies e individuos, además de proporcionar áreas para diferentes usos simultáneos como por ejemplo el buceo y la pesca.

La forma y tamaño de los arrecifes de protección de la costa ha de ser la adecuada para que, cumpliendo con los objetivos para los que se diseñan, interfiera lo menos posible con el transporte sedimentario litoral, salvo en aquellos casos en que su objetivo sea precisamente crear un obstáculo para el transporte de arena hacia otra zona. De ello dependerán los efectos que se puedan provocar en las playas (disipación de la energía del oleaje, modificación de la planta y perfil de playas). Además ha de tenerse en cuenta, a los efectos de las interferencias que pueda originar sobre la navegación (en función de la profundidad) u otras infraestructuras marinas durante su colocación, y que pueda fomentar actividades acuáticas deportivas y turísticas.

### **3.1.3.- Complejidad estructural**

Con este concepto nos referimos a los aspectos de diseño que, especialmente en relación con los arrecifes de tipo alveolar o producción, han de ser convenientemente definidos para optimizar su eficacia. Entre éstos, cabe destacar los siguientes:

#### **Espacios intersticiales**

La cantidad y naturaleza de los espacios intersticiales de un arrecife artificial también determinan en gran parte la naturaleza y diversidad de los organismos que se asentarán en él.

Las cavidades se han de diseñar en función de las especies que se quieran atraer. En general, los peces prefieren cavidades con muchas salidas, de manera que pueda circular el agua y que existan posibilidades de escape ante el ataque de depredadores. También suelen preferir las cavidades en las que penetra la luz. Está demostrado que los peces de arrecife tienen preferencia por tamaños de agujeros semejantes a su propia talla, de forma que la existencia de cavidades pequeñas en un arrecife artificial resulta imprescindible para la supervivencia de los juveniles.

Por lo general, los proyectos de arrecifes artificiales destinados a pesca recreativa o comercial proporcionan hábitats a formas adultas, muchas de ellas carnívoras. Esto provoca unos niveles anormalmente altos de mortalidad en reclutamientos y en post-asentamientos, que podrían minimizarse proporcionando las cavidades adecuadas para juveniles y especies de pequeño tamaño.

### **Superficie total de los elementos modulares**

Atendiendo a la biomasa que un arrecife es capaz de mantener, la superficie total disponible para asentamiento de organismos así como su calidad suele resultar más importante que el tamaño. Así, cuánto mayor sea la superficie disponible para el asentamiento de algas e invertebrados, mayor será la fuente de alimentación para otros niveles de la comunidad del arrecife, y por tanto mayor la biomasa capaz de asentarse en él. Sin embargo, el diseño del arrecife artificial debe procurar lograr sus objetivos con una ocupación mínima del espacio y de interferencia con los ecosistemas marinos.

En el caso de módulos arrecifales de protección cuya instalación esté prevista que ocupe zonas del lecho marino degradadas anteriormente por otras actuaciones (vertidos urbanos o industriales, alteraciones morfológicas del lecho marino que hayan impedido una recuperación natural, alteraciones de la dinámica litoral que hayan producido la alteración negativa irreversible de los recursos naturales vivos de una zona, etc.), se podrán emplear de forma justificada los denominados “módulos de protección mixtos” en los que sin perder la función principal como módulos de protección (peso unitario elevado en relación a un volumen aparente reducido), se puedan incluir elementos que incluyan alguna funcionalidad biológica adicional como el aumento de superficie para fijación de organismos o el empleo de elementos agregadores para especies pelágicas (Fish Aggregating Devices).

### **Aberturas en los materiales**

Resulta muy conveniente que los materiales seleccionados para la construcción de un arrecife artificial tengan las suficientes aberturas como para dejar circular el agua por el interior del arrecife. De esta manera se evita que el agua se estanque en algunas zonas del mismo y que disminuya así la productividad total. Además, las aberturas en los materiales permiten un mejor acceso de los organismos a todas las superficies de su estructura para el caso de los arrecifes de producción y concentración. Este no es el caso para los arrecifes de protección, cuyo fin exclusivo no es ser colonizado por especies marinas, sino evitar la erosión costera o la pesca ilegal de arrastre.

#### **3.1.4.- Elementos “disuasorios” en módulos arrecifales.**

Son elementos estructurales sobresalientes que se emplean generalmente en módulos arrecifales de protección para mejorar su función de disuasión del empleo de determinadas artes de pesca u otros artefactos arrastrados sobre el fondo cuya acción se trata de prevenir. Habitualmente un módulo arrecifal de protección depositado en el lecho marino por su peso propio actúa como un obstáculo frente al empleo de artefactos arrastrados por el fondo, pero la inclusión de elementos estructurales sobresalientes aumenta esta funcionalidad haciendo que entre otras cosas, pueda ser reducido su tamaño unitario, aumentando su carácter disuasorio por el efecto de enganche que producen opuesto a su arrastre, aumentando su agarre al lecho marino y a las artes o artefactos cuya acción impiden.

Para ello se emplean generalmente vigas sobresalientes empotradas en la estructura del módulo de protección a distintas alturas según el diseño. Estas vigas o elementos

sobresalientes se calculan para resistir el peso propio a flexión simple del conjunto del módulo, en el extremo del elemento, sobredimensionando con un coeficiente de seguridad.

El empleo de elementos sobresalientes o disuasorios en módulos arrecifales de producción no es necesario puesto que el peso propio de estos elementos y su distribución hacen innecesarios estos elementos estructurales. Ocasionalmente el empleo de elementos disuasorios sobresalientes en módulos arrecifales de producción además de innecesarios, puede tener efectos negativos al producir enganches de artes y aparejos que quedan perdidos y representar elementos que pueden crear cierto peligro para el buceo en su entorno.

### **3.2.- ESTUDIOS NECESARIOS**

Para un adecuado diseño del arrecife es necesario disponer de una serie de estudios, distintos a los relativos al inventario ambiental, que tendrán por objetivo común garantizar que el diseño del arrecife responderá eficazmente a los objetivos planteados y a la finalidad del mismo. Todos ellos podrían denominarse estudios para garantizar la funcionalidad, y serán específicos para cada tipo de arrecife. Muchos de estos estudios serán análogos o similares a los que es necesario abordar para obtener la información ambiental a la que se hace referencia en el capítulo 5 de esta Guía, así como en el anejo IV, "*Orientaciones para la Elaboración de Contenidos de los Estudios de Impacto Ambiental de Arrecifes Artificiales*", mientras que otros están dirigidos a garantizar la funcionalidad del arrecife.

El alcance y profundidad con el que es necesario afrontar estos estudios debe ser justificado en función de las características del medio receptor y las obras o instalaciones a realizar por el promotor del arrecife en cada caso. No obstante, sin intención de tratar exhaustivamente este ámbito, pues no es el objeto principal de la presente Guía, a continuación se describen algunos de los más importantes:

#### **3.2.1.- Estudio de dinámica litoral en el caso de los arrecifes destinados a actuar sobre la costa**

Para poder cumplir sus objetivos adecuadamente, un arrecife artificial destinado a actuar sobre la costa debe presentar una serie de características específicas (tamaño del arrecife, estructuras que lo componen, localización, etc.), destinadas a modificar el oleaje, las corrientes o el transporte sedimentario de una zona determinada, ya que estas variables ambientales son los principales vectores que caracterizan los elementos costeros.

En función de la finalidad específica del arrecife, éste estará destinado a modificar una o varias variables ambientales:

- Los arrecifes destinados a proteger infraestructuras y zonas de fondeo interactuarán sobre el oleaje evitando su incidencia sobre éstas.
- Los arrecifes destinados a la generación de playas interactuarán sobre el oleaje y las corrientes impidiendo la pérdida de arenas en las zonas de incidencia y sobre el transporte sedimentario, generando nuevas zonas de deposición de sedimentos.

Resultará necesario, por lo tanto, incorporar al proyecto un estudio básico de clima marítimo que incluya un análisis del oleaje y las corrientes, además de la realización de un estudio de propagación del oleaje de detalle. Partiendo de estos estudios se deben realizar modelos de

propagación del oleaje, corrientes y transporte sedimentario que incluyan las distintas alternativas de localización, morfología del arrecife y estructuras que lo componen. Estos modelos determinarán la tipología de arrecife más adecuada para la consecución de los objetivos propuestos.

### **3.2.2.- Estudio de estabilidad de los arrecifes frente al oleaje y las corrientes**

Para poder cumplir sus objetivos adecuadamente, un arrecife artificial debe presentar una estabilidad suficiente frente al oleaje y las corrientes. La fuerza del oleaje y/o las corrientes puede ser capaz de desplazar, volcar o incluso romper una estructura arrecifal, pudiendo causar los siguientes efectos:

- El arrecife artificial (o alguna de sus partes) es arrastrado sobre fondos productivos, causando daños en los ecosistemas, como podría ocurrir por ejemplo, en una pradera de fanerógamas.
- El arrecife artificial (o alguna de sus partes) una vez desplazado queda situado en alguna zona donde interfiere con otros usos del mar. Su posición en las cartas náuticas ya no es la correcta, pudiendo suponer un riesgo para la navegación.
- El arrecife deja de cumplir sus funciones, bien sea porque se ha desplazado a una zona inadecuada, o porque al romperse o volcarse se ha modificado su configuración.

Resulta por lo tanto necesario incorporar al proyecto un estudio de la estabilidad del arrecife frente a las corrientes y el oleaje de la zona escogida para su emplazamiento, que garantice que los posibles daños mencionados no vayan a ocurrir o que, en todo caso, no afecten a la propia funcionalidad del arrecife. Deberá efectuarse un cálculo adecuado de estructuras y materiales teniendo en cuenta el clima marítimo existente en la zona de ubicación.

A modo de orientación, se recomienda que el peso del arrecife artificial (debido a la densidad del material que lo constituye o mediante lastre adicionalmente aportado), tenga al menos el doble de la gravedad específica del agua del mar, o bien que la estructura sea correctamente anclada al fondo.

### **3.2.3.- Estudio geomorfológico en el caso de los arrecifes destinados a la protección de ecosistemas**

El estudio geomorfológico, entendiéndolo como tal el conjunto de estudios que reúne batimetría y morfología junto con las características sedimentológicas y estructurales, es necesario en todos los proyectos de arrecifes artificiales porque es la base para poder proyectarlos, no obstante, en el caso de los arrecifes de protección de ecosistemas, aquellos destinados a actuar mediante medios disuasorios ante las artes de arrastre, protegiendo ecosistemas singulares o de alto valor ecológico y sus recursos, este estudio se convierte en un elemento de información fundamental, debiendo ser abordado con la mayor exhaustividad y precisión posible.

Para poder proteger de forma efectiva los citados recursos neobentónicos es necesario conocer previamente, tanto la distribución del ecosistema a proteger como el

comportamiento habitual de la flota arrastrera que faena en las inmediaciones, lo que se traduce en el conocimiento de las zonas de arrastre, longitud y posición de los lances, etc.

En ambos casos la herramienta que se ha mostrado de mayor utilidad para conocer estas variables es el sonar de barrido lateral.

El resultado de este tipo de sondeos permite delimitar con una precisión submétrica la ubicación del sustrato rocoso, detrítico o sedimentario vegetado. Esta tipología de fondos es la que suele albergar ecosistemas de mayor valor ecológico: comunidades de algas fotófilas, precoralígeno y coralígeno sobre el sustrato rocoso, facies de Maërl en el sustrato detrítico y comunidades de fanerógamas marinas. Una vez delimitadas estas comunidades de forma precisa se estará en disposición de conocer la extensión de la zona a proteger. Esta precaución debe tenerse en cuenta en todos los proyectos, con independencia de la finalidad del arrecife.

Por otro lado, el registro del sonar de barrido lateral se empleará para caracterizar los lances de la flota arrastrera de la zona. Estos resultados complementarán a los recabados acerca de las características de la flota arrastrera.

#### **3.2.4.- Estudios de estabilidad de los módulos frente a las redes de arrastre en el caso de los arrecifes destinados a la protección de ecosistemas**

Dentro de los arrecifes destinados a la gestión pesquera, los arrecifes de protección tienen como función principal evitar la pesca de arrastre en zonas prohibidas. Existen indicios de que la práctica de la pesca de arrastre en zonas no permitidas ha sido y localmente sigue siendo, una práctica común en el litoral español, llevando consigo consecuencias que pueden llegar a ser muy negativas, al causar graves daños a determinados ecosistemas, como las praderas de fanerógamas, fondos detríticos o de coralígeno

Por esta razón, los arrecifes artificiales de protección frente a las redes de arrastre presentan una serie de elementos disuasorios en los que quedan atrapadas estas redes, o pueden llegar a romperse, impidiendo así la práctica de la pesca ilegal. Si un arrecife artificial de protección no es lo suficientemente estable, en lugar de alcanzar su propósito, puede ser arrastrado por estas redes junto con todos los organismos del fondo, originándose así efectos negativos adicionales a los de la propia pesca de arrastre.

Para determinar la distribución de los elementos estructurales y su estabilidad sobre el fondo, se debe conocer previamente:

- La potencia máxima de las embarcaciones arrastreras que faenan en la zona, determinándose así la tipología de elementos estructurales que formarán el arrecife.
- La máxima abertura de las redes de arrastre y la maniobrabilidad de los arrastreros, determinándose así la distribución de los elementos estructurales del arrecife. Estas variables se deben conocer mediante el estudio exhaustivo de las marcas dejadas por la flota arrastrera sobre el fondo y registradas mediante sonar de barrido lateral.

Para asegurar la estabilidad de los arrecifes artificiales de protección frente a las redes de arrastre ilegales, será necesario realizar un estudio de la capacidad máxima de arrastre de la flota pesquera que incluya, en los casos en que así resulte necesario, la determinación del anclaje adecuado de las estructuras al fondo marino. Este proceso deberá seguirse también

para otras tipologías de arrecifes artificiales en los casos en los que se hayan detectado marcas de arrastre en la zona de implantación del arrecife.

La resistencia de un arrecife artificial frente a las redes de arrastre quedará asegurada siempre que se cumpla la siguiente relación:

$$P_d < \frac{R \cdot V}{75}$$

Donde:

$P_d$  es la potencia de arrastre

R es la fuerza de rozamiento

V es la velocidad de arrastre

Existen indicios de que determinados arrecifes de protección han podido ser desplazados intencionadamente entre varios barcos arrastreros, para despejar una zona vedada y poder desarrollar la actividad arrastrera irregular. Por ello se recomienda, para evitar estos casos, anclar adecuadamente todos los arrecifes de protección al lecho marino o sobredimensionar su peso y por tanto capacidad de resistencia.

### **3.2.5.- Estudio etológico y de dinámica poblacional de las especies objetivo cuyo fomento se pretende en el caso de arrecifes de producción-concentración**

La presencia y desarrollo de una o varias especies determinadas en un arrecife artificial y sus alrededores dependerá del tamaño, composición, forma, situación y estructura de sus elementos.

Para determinar todos estos parámetros de diseño en función del objetivo de desarrollo de una determinada especie en una zona concreta, habrá que evaluar, por un lado, el estado de la población de esta especie en dicha zona y por otro, las características etológicas que determinan su hábitat. En definitiva, conociendo estas variables se puede determinar qué diseño es el más adecuado para garantizar la viabilidad de un arrecife de producción-concentración. En muchas ocasiones los requerimientos ecológicos de una especie objetivo no coinciden e incluso pueden llegar a ser radicalmente opuestos a los de otras, por lo que los diseños de arrecifes de producción-concentración con objetivos multiespecíficos deben ser meticulosamente estudiados y ponderados adecuadamente en el conjunto del complejo arrecifal.

A continuación se describen cuáles son los principales aspectos etológicos y de dinámica poblacional a tener en cuenta para el diseño de un arrecife de estas características:

- Profundidad de su hábitat: determinará la profundidad de fondeo.
- Presencia de la especie, sus alevines o huevos en la zona: determinará la idoneidad de los lugares de ubicación barajados.
- Stock y dinámica poblacional preexistente
- Zonas que utiliza la especie como protección y cobijo (depredación): determinará el tamaño, número y orientación de las cavidades.
- Zonas que utiliza la especie para el cortejo y la puesta (reproducción): determinará el tamaño, número y orientación de las oquedades.

- Competencia interespecífica: determinará la idoneidad de los lugares de ubicación barajados y el tamaño, número y orientación de las cavidades.
- Competencia intraespecífica: determinará la idoneidad de los lugares de ubicación barajados y el tamaño, número y orientación de las cavidades.
- Territorialidad y comportamiento gregario: determinarán el número y tamaño de estructuras. De menor tamaño y en mayor número para las especies territoriales y al contrario para las gregarias.
- Tipo de alimentación: determinará el material de construcción, que influirá en gran medida sobre las especies bentónicas que se fijarán sobre el arrecife y que forman parte de la cadena alimentaria.

Para conocer todas estas variables los estudios a realizar se basarán en:

- Recopilación bibliográfica de artículos, publicaciones e informes científicos de las especies objeto.
- Resultados de los seguimientos de experiencias previas.
- Adicionalmente y en el caso de no disponerse de información suficiente se recomienda la realización de estudios piloto con distintos materiales y estructuras.

### **3.2.6.- Estudio de la actividad pesquera en la zona**

Para determinar la actividad pesquera de la zona es necesario conocer una serie de datos específicos que la caracterizan:

#### Flota:

Conocer el esfuerzo pesquero que se realiza en la zona determinará el grado de sobreexplotación al que está sometida y por tanto, la conveniencia o no de la instalación de un arrecife de concentración o el número de estructuras (proporcional al aumento de la productividad) a instalar en el caso de un arrecife de producción, ya que el aumento de la productividad debe estar directamente relacionado con el esfuerzo pesquero al que se somete la zona o al que se pretende desarrollar.

#### Caladeros:

El estudio de los caladeros presentes incluyendo su localización, características y estado de los mismos, determinará la conveniencia de su recuperación mediante arrecifes de producción, el uso de arrecifes de concentración para facilitar las capturas o en su caso la mejora y conservación de sus recursos mediante arrecifes artificiales de protección

#### Artes principales empleados:

Conocer el tipo de arte empleado en la zona permite establecer el grado de compatibilidad de un arrecife concreto con dichas artes, determinándose así variables de diseño como la forma, el tamaño o la separación entre los elementos estructurales que lo componen.

#### Volumen de capturas:

El conocimiento de las capturas realizadas en la zona, asociado al esfuerzo pesquero, será de ayuda para determinar si la actividad asociada al caladero es sostenible o no. Si esta actividad está por debajo del umbral de la sostenibilidad, las dimensiones del arrecife deben adecuarse a un aumento de la productividad que haga sostenible la actividad pesquera en el caladero.

#### Especies objeto de captura o explotables:

Conocer las especies objeto de captura o aquellas potencialmente explotables es necesario para dirigir el diseño del arrecife a aumentar-concentrar dichas especies. Los criterios de diseño dependerán de la especie objeto tal y como se ha descrito en el punto anterior.

Este estudio resultará básico, no sólo en el diseño del arrecife, sino en el planteamiento del modelo de gestión pesquera que se deberá desarrollar durante su funcionamiento. Es importante reseñar que un excelente diseño en materia de producción-concentración, puede dar lugar a pésimos resultados, si la implantación del arrecife no se acompaña de un plan de gestión pesquera sostenible vinculado al mismo.

### **3.2.7.- Estudio de la actividad económica ligada al buceo recreativo, surf, deportes náuticos, en el caso de los arrecifes con esta finalidad**

Aunque el estudio de las actividades económicas que justifican la instalación de un arrecife, o que pueden verse afectadas por ésta, es siempre necesario, en el caso de los arrecifes destinados a potenciar el buceo recreativo, deportes náuticos, etc., resulta básico conocer la viabilidad de la práctica de estas actividades en la zona determinada y muy particularmente la vocación territorial y la aptitud de la zona para el desarrollo de estas actividades. Por ejemplo en el caso del surf, que exista, entre otras condiciones, el oleaje adecuado; en el caso del buceo deportivo, unas condiciones mínimas anuales de visibilidad y accesibilidad, etc. Normalmente, la presencia previa de estas actividades va a garantizar la viabilidad de su desarrollo en la zona mediante la instalación de arrecifes artificiales.

Para conocer el grado de desarrollo que requieren estas actividades en una zona determinada y por tanto, el diseño que seguirá el arrecife artificial (tamaño, forma, número de elementos estructurales, etc.), es necesario conocer la demanda social existente de dichas actividades.

Conocer esta demanda pasa por abordar un estudio socioeconómico de la actividad que dé respuesta a una serie de cuestiones que se citan a continuación:

- Cuantificar el número de potenciales usuarios involucrados de forma directa: se puede conocer a través del número de licencias deportivas expeditas en la provincia y alrededores y a través del número de empresas que actúan como soporte de la actividad (venta directa, alquiler, clubes de surf, buceo, náuticos, etc.).
- Cuantificar la población involucrada de forma indirecta incluyendo, fundamentalmente, los trabajadores de las empresas del sector servicios asociado (hospedaje, hostelería, mantenimiento, etc.).



- Cuantificar la economía asociada a la actividad: en cifras económicas, conocer la facturación que se genera y de qué forma se reparte entre los distintos sectores sociales implicados.
- Por último, se recomienda la realización de encuestas en las distintas asociaciones y clubes que dan soporte a la actividad en la zona para conocer la demanda real existente de la misma.

#### **4.- MATERIALES**

##### **4.1.- CRITERIOS DE SELECCIÓN**

###### **4.1.1.- Funcionalidad**

La selección de los materiales adecuados puede ser decisiva a la hora de que un arrecife artificial cumpla o no con sus objetivos. Especialmente los arrecifes destinados a actuar sobre la biota se verán considerablemente influenciados por la rugosidad y la composición química (pH) de los materiales. Superficies demasiado lisas por ejemplo, dificultarán el asentamiento de los organismos en el arrecife, puesto que éstos prefieren colonizar superficies rugosas y con oquedades similares a la roca natural. En función de las especies que quiera concentrar el arrecife, será necesario tener en cuenta estos factores.

###### **4.1.2.- Compatibilidad**

Los materiales utilizados en la construcción de un arrecife artificial deben minimizar los riesgos para el medioambiente y los posibles conflictos entre usuarios. Además, deben ser compatibles con los usos a los que están destinados. Por ejemplo, un arrecife artificial destinado a la práctica del submarinismo debería construirse con materiales que resulten atractivos a los buceadores y que resulten seguros para los mismos.

El material de los arrecifes artificiales no debe ser extraño al medio natural (como por ejemplo el material plástico), ni que presente una tasa elevada de descomposición química en el medio marino y puedan desprender productos nocivos de modo que altere la calidad biológica y la calidad físico-química del ecosistema. A su vez han de ser resistentes al paso del tiempo y frente a posibles impactos con redes y mallas de pesca de arrastre.

Los materiales utilizados principalmente son el hormigón armado, vigas de hierro, madera en el caso de pecios hundidos, y materiales como el geotextil usado principalmente en arrecifes artificiales tipo geocontenedores dedicados exclusivamente a fines turísticos y ocio.

###### **4.1.3.- Estabilidad**

Los materiales con los que se diseña un arrecife artificial han de presentar una estabilidad suficiente frente al oleaje y las corrientes como para no desplazarse, volcarse o romperse. En caso contrario, no solamente podría dejar de cumplir con sus funciones, sino que también podría suponer un peligro tanto para los ecosistemas que los rodean como para otros usos del mar (pesca, navegación, playas, etc.).

Para el caso específico de arrecifes en forma piramidal debe tenerse en cuenta que pueden presentar deficiencias de estabilidad debido a que su base es hueca, por lo que se podría producir socavación por las corrientes y ladear y hasta voltear los elementos. El sistema de anclaje generalmente empleado, a base de cables, permite cierta movilidad frente al oleaje, pero si se instalan cerca de la costa con oleajes de rompiente, su estabilidad es dudosa y pueden fallar masivamente.

Es conveniente que las estructuras situadas a profundidades reducidas, que pueden sufrir significativamente el efecto del oleaje, presenten tipologías bastante porosas y sean sometidas a ensayos hidrodinámicos.

En el caso de estructuras compuestas por diferentes materiales, tanto los materiales individualmente como el conjunto de la estructura han de ser lo suficientemente estables.

#### **4.1.4.- Longevidad**

Para mantener la funcionalidad de un arrecife artificial resulta también indispensable la resistencia y durabilidad de los materiales con el paso del tiempo. Los materiales deben ofrecer una adecuada estabilidad química frente al agua de mar, de lo contrario se verían rápidamente deteriorados.

Si se pretende la utilización de materiales no habituales en obras o instalaciones marítimas, resultará conveniente ensayar su resistencia y grado de deterioro que sufren con el paso del tiempo.

#### **4.2.- TIPOS DE MATERIALES**

Para construir un arrecife artificial únicamente deben considerarse aquellos materiales que posean características que permitan cumplir con su cometido de una forma segura y sin riesgo alguno para el medioambiente. Tal y como especifican las directrices establecidas en los convenios internacionales OSPAR y Barcelona, los arrecifes artificiales deben construirse a partir de materiales inertes, es decir, materiales que no causan contaminación por lixiviación, resistencia física o química a la intemperie y/o la actividad biológica.

Los materiales han de ser forzosamente voluminosos, como por ejemplo material geológico (rocas), hormigón o acero.

Los arrecifes artificiales pueden estar constituidos por materiales naturales, materiales reciclables o de "segunda mano", o bien pueden ser estructuras prefabricadas. La combinación de varios materiales puede aportar mayor variedad tanto para las comunidades biológicas como para los usuarios. Se trata de intentar llevar a cabo un proyecto eficaz, con el menor coste ambiental y económico posible, teniendo en cuenta la preparación, el transporte, la colocación y el mantenimiento de la estructura.

Una ventaja de los materiales reciclables es su mayor disponibilidad. En el mundo se han utilizado todo tipo de materiales de "segunda mano", desde barcos y otros vehículos hasta plataformas petrolíferas, escombros de la construcción, productos de desecho del hormigón, neumáticos y cenizas y fangos fijados con cemento. El hecho de crear un arrecife artificial con este tipo de estructuras es simplemente una forma de utilizarlas de manera productiva, en lugar de terminar llevándolas a vertederos. Sin embargo, numerosos estudios han

revelado que algunos materiales de “segunda mano” no son adecuados para su uso como arrecifes artificiales, como son la fibra de vidrio, el plástico, neumáticos, cuerpos de vehículos ligeros, barcos de fibra de vidrio y moldes de barcos, vagones y artefactos de chatarra metálica de bajo peso como frigoríficos, lavadoras o secadoras, que siempre dan problemas. Estos materiales no deben utilizarse en ningún caso como arrecifes artificiales.

En cualquier caso, es necesario resaltar que cualquier material inerte que se desee utilizar para la creación de un arrecife artificial deberá ser evaluado previamente de acuerdo con los criterios de las “*Specific Guidelines for Assessment of Inert, Inorganic Geological Material*” desarrolladas por el Convenio de Londres.

Las rocas naturales por su lado, resultan adecuadas en los casos en los que se pretende obtener un fondo de sustrato rocoso para el asentamiento de ciertas especies. Sin embargo no se puede fundear cualquier tipo de roca, ya que podrían contener altos niveles de metales pesados que quedarían liberados al mar por procesos de lixiviación. Además, podrían no estar disponibles en el lugar requerido e implicar su obtención y transporte ciertos impactos ambientales significativos.

Las estructuras de arrecifes prefabricadas presentan la gran ventaja de poder ser construidas con las características deseadas de un sustrato para un propósito específico. Aunque el coste de construcción de estas estructuras sea mayor que el de los materiales de “segunda mano” y naturales, puede quedar compensado por los costes de preparación y acondicionamiento de estos últimos para su uso como arrecifes artificiales. Las estructuras prefabricadas pueden ser construidas con diferentes materiales. El hormigón, uno de los materiales más usados, resulta muy favorable puesto que se trata de un material que no se degrada, moldeable, estable, cuyo pH puede ser neutro, y cuya textura puede ser comparable a la de los arrecifes naturales. El PVC y otros plásticos en cambio, a pesar de ser también moldeables, no degradables y de fácil transporte, tienen poca estabilidad debido a su ligereza y su textura suele ser demasiado lisa.

El seguimiento de varios arrecifes artificiales ha permitido determinar una serie de ventajas e inconvenientes asociados a distintos tipos de materiales o estructuras, que se citan a continuación:

#### **4.2.1.- Hormigón**

- Ventajas
  - Los materiales de hormigón son perfectamente compatibles con el medioambiente marino.
  - El hormigón es altamente duradero, estable y fácilmente disponible.
  - La flexibilidad a la hora de moldear el hormigón en una gran variedad de formas lo convierte en un material ideal para el desarrollo de unidades prefabricadas.
  - El hormigón proporciona unas superficies y hábitat adecuados para la colonización y el crecimiento de organismos incrustantes, que a su vez proporcionan sustrato y refugio para otros invertebrados y peces.
- Inconvenientes

- Un gran inconveniente del uso del hormigón en la fabricación de arrecifes artificiales es su alto peso, y la consecuente necesidad de equipamientos pesados para poder manipularlo. Esto incrementa los costes tanto de transporte terrestre como marino.
- El despliegue de grandes piezas de hormigón o de unidades prefabricadas requiere el empleo de equipamiento pesado en el mar, lo que no sólo es costoso sino que además supone cierto peligro. Otro inconveniente relacionado con el alto peso del hormigón es su posibilidad de hundimiento en el sedimento marino.

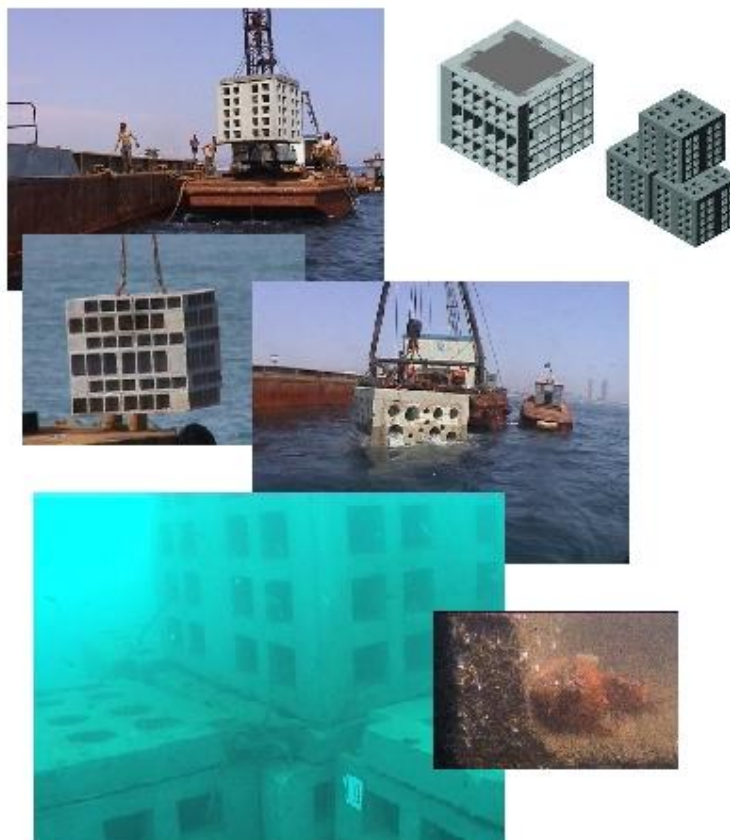


Figura 2. Modelos de arrecifes artificiales construidos con hormigón



Figura 3. Arrecife artificial sumergido construido con módulos de hormigón

#### 4.2.2.- Madera

- Ventajas
  - Se trata de un material muy fácilmente disponible en cualquier zona.
  - Una de las ventajas de usar madera como arrecife artificial es su disponibilidad.
  - Shinn y Wichlund (1989) descubrieron que los teredos (moluscos bivalvos perforadores de la madera), al excavar sus túneles en la madera, aumentan la complejidad de los hábitats y proporcionan espacio para otros organismos que serán presas de los peces.
  - También observaron que las grandes cantidades de alimento y la compleja estructura proporcionada por el deterioro de los arrecifes de madera, atraen grandes concentraciones de peces. Se ha visto incluso algún caso en el que el arrecife artificial se hallaba localizado en aguas más profundas y frías de las que suelen habitar muchas de las especies asentadas en él. Cabe destacar aquí que Shinn y Wichlund (1989) llegaron a estas conclusiones tras examinar arrecifes formados por barcos de madera.
  
- Inconvenientes
  - La madera presenta generalmente una vida corta en ambientes marinos, debido a su rápido deterioro por microorganismos y organismos perforadores. Al deteriorarse la estructura del arrecife, algunas piezas pueden romperse y salir a flote de la zona de emplazamiento del arrecife, originando interferencias con otros usos legítimos del mar (navegación, utilización de playas para el baño, etc.).
  - La madera es un material muy ligero y debe por tanto ser lastrado inicialmente para asegurar su correcto hundimiento y su permanencia en el lugar de emplazamiento.
  - La madera procesada, utilizada para muchos fines constructivos, suele ser tratada para evitar que se pudra, de forma que puede contener compuestos tóxicos para los organismos marinos.



Figura 4. Los pecios de madera deben ser lastrados para garantizar su estabilidad.

#### 4.2.3.- Rocas

- Ventajas
  - La roca caliza está constituida de carbonato cálcico, componente mayoritario de muchos arrecifes naturales y totalmente compatible con el medioambiente.
  - La roca de cantera es un material muy denso, estable y duradero, con una baja probabilidad de desplazarse fuera del lugar de emplazamiento del arrecife.
  - Las rocas de cantera son un buen atrayente para los peces y proporcionan una buena superficie para los organismos bentónicos incrustantes.
  - Diferentes tamaños de partículas de roca pueden ser utilizados para acomodar diferentes etapas de la vida de las especies de interés.
  - Ocasionalmente puede darse el caso de que un dragado portuario se realice sobre fondos de roca, constituyendo una fuente adecuada de materiales para la construcción de arrecifes artificiales. En tales ocasiones, para tal utilización, el material dragado en roca deberá previamente separarse de cualquier otro material dragado sobre fondos blandos.
  
- Inconvenientes
  - Las rocas de cantera no son un material que se suela ceder (como ocurre por ejemplo con los barcos en desuso) de manera que se tendrá que asumir un coste inicial.
  - Los costes de transporte y colocación del arrecife artificial son elevados y requieren la utilización de equipamiento pesado.



Figura 5. Arrecife artificial sumergido construido con roca ostionera natural

#### 4.2.4.- Electrodeposición

- Ventajas
  - Se trata de un método de bajo impacto sobre el medio.
  - La operativa de su instalación presenta ventajas logísticas.
  - Su versatilidad permite crear estructuras submarinas de cualquier tamaño y forma.
  - Las estructuras se sueldan al arrecife natural integrándose rápidamente con éste.
  - El campo eléctrico atrae a la fauna marina y fomenta el crecimiento simbiótico del coral y las algas.
  - Permiten crear arrecifes de coral significativos en cortos periodos de tiempo (1 año).
- Inconvenientes
  - Su coste puede llegar a ser muy elevado en determinadas zonas.
  - El requerimiento de suministro eléctrico obliga a descartar ciertos emplazamientos.
  - Su consistencia lo inhabilita para determinados usos como el de protección.

#### 4.2.5.- Materiales reciclados inertes

- Ventajas
  - Su coste económico es mucho menor, llegando incluso a poder ser sufragada parte de la inversión global del arrecife por la vía del coste de gestión de los residuos que debe asumir su poseedor.
  - La investigación y desarrollo de nuevos productos a partir de materiales reciclados (fundamental aunque no únicamente residuos de demolición), permite una amplia gama de opciones.
  - Los materiales reciclados de origen biológico y marino, como los conglomerados de conchas de bivalvos son perfectamente asimilados por el medio, permitiendo complementariamente gestionar un residuo de forma eficaz.
- Inconvenientes
  - En todos los casos en que se pretenda usar materiales reciclados hay que garantizar el carácter inerte del mismo, algo que en muchas ocasiones no es factible.
  - Ciertos materiales reciclados, aun siendo inertes, se han mostrado inadecuados para la fijación de organismos, es el caso de neumáticos, fibra de vidrio, plásticos, etc.
  - La posibilidad de que se utilice este uso como una forma de gestión barata de ciertos residuos, puede despertar una serie de intereses económicos que desvirtúen los propósitos reales que es necesario exigir a todo proyecto de arrecife artificial.
  - Posible alto coste de acondicionamiento y descontaminación.

#### 4.2.6.- Barcos

- Ventajas

- Los barcos proporcionan estructuras complejas y zonas interesantes para el submarinismo, ya sea de recreo o técnico. Se suelen utilizar también como lugares de pesca recreativa.
- Los barcos utilizados como arrecifes artificiales, ya sea por sí solos o en conjunto con otros tipos de arrecifes artificiales, pueden contribuir de manera considerable a la economía de la zona.
- Los cascos de acero de los barcos presentan una contundente integridad, por lo que se les considera material de arrecife artificial duradero siempre y cuando se sitúen a las profundidades y orientaciones adecuadas para asegurar su estabilidad en casos de temporales extremos.
- La reutilización de grandes barcos de casco de acero como arrecifes artificiales puede resultar más económica que su desguace.
- Debido a su alto perfil vertical, los barcos son capaces de atraer tanto a especies pelágicas como demersales. Las superficies verticales producen afloramientos y alteraciones de velocidad y dirección de las corrientes que suponen un atractivo más para ciertas especies.
- Bajo ciertas condiciones, los barcos pueden proporcionar zonas de desove para algunas especies de arrecife.
- Al tratarse de un atractivo turístico para buceadores y pescadores deportivos, los barcos hundidos contribuyen a disminuir la presión existente sobre algunos arrecifes naturales, y a disminuir así los daños causados por las anclas de las embarcaciones, además de otros daños físicos.
- Su utilización está regulada internacionalmente, al existir varios textos que se refieren al hundimiento de barcos como arrecife artificial, concretamente *Las Directrices Relativas a la Colocación en el Mar de Materiales con Fines Distintos de la Simple Eliminación*, (UNEP(DEC)/MED IG 16/8 20 de septiembre de 2005), documento aprobado en la decimocuarta reunión ordinaria de las Partes Contratantes en el Convenio de Barcelona y la *OSPAR Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources*. La organización Marítima Internacional a través de la Secretaría del Convenio de Londres está en la actualidad abordando un documento metodológico en materia de arrecifes artificiales que también incluirá el caso de los barcos.

- Inconvenientes

- La duración de los barcos como arrecifes artificiales puede verse comprometida por las operaciones de limpieza y recuperación así como por los explosivos que en ocasiones se utilizan para su hundimiento.
- Asegurar la estabilidad del barco en casos de temporales extremos puede ser complicado puesto que ésta depende de la combinación de varios factores como son la profundidad de instalación, la extensión de la superficie del barco expuesta a la energía del oleaje, la orientación del barco, la altura de ola, las fuerzas de fricción, el peso del barco, el perfil vertical y las corrientes generadas por el temporal.
- En caso de daños producidos por temporales, la pérdida de la integridad de la estructura puede incrementar los riesgos para los buceadores (desorientación o daños físicos por cortes o enganches), así como para el medio ambiente, derivados de la desintegración y dispersión de partes del buque.



- Los barcos pueden contener una serie de contaminantes, incluidos PCB's, materiales radiactivos, hidrocarburos, plomo, mercurio, zinc y algunos aislantes, cuya eliminación resulta dificultosa y bastante costosa. El coste incrementará con el tamaño del barco, el número de compartimentos y espacios y la complejidad de la estructura. Otros materiales pueden ser más limpios que los barcos y menos problemáticos en cuanto a seguridad y manipulación, además de cumplir con los mismos objetivos recreativos de una forma más económica.
- Generalmente los barcos ofrecen proporcionalmente menos refugios para especies demersales e invertebrados que otras estructuras y materiales de volumen total comparable. Esto se debe al propio material y a la falta o escasez de agujeros y hendiduras en el casco y la cubierta. La utilidad de los barcos como zonas de cría para la producción de peces e invertebrados queda por tanto reducida por la falta de zonas de refugio. Además, las partes interiores de los barcos no suelen ser utilizadas por peces y macroinvertebrados a menos que el casco se modifique considerablemente para permitir el acceso, la circulación del agua y la penetración de la luz (Myatt y Myatt, 1992).
- El uso de barcos como arrecifes artificiales puede provocar conflictos entre buceadores y pescadores (Myatt y Myatt, 1992). Aunque pueda suceder lo mismo en los arrecifes naturales, generalmente existe cierta preferencia por los pecios por parte de los buceadores.
- La superficie del casco de acero no es una superficie tan ideal para la colonización del epibentos como son las rocas o el hormigón. Además, la corrosión del acero puede resultar en una pérdida de organismos del epibentos.
- Al contrario de lo que ocurre con los módulos arrecifales individuales, una vez hundido un barco de grandes dimensiones resultará difícil y costoso moverlo en caso de que no haya quedado correctamente colocado, o en caso de que, en un futuro, se tenga que retirar o desplazar por la necesidad de algún otro uso del fondo.
- El perfil vertical elevado de los barcos puede hacerlos más propensos al movimiento y/o al deterioro estructural debidos a las corrientes y oleajes generados en condiciones de temporal.
- Los barcos, especialmente los que se encuentren muy deteriorados, presentan un mayor riesgo de hundirse fuera del lugar de emplazamiento mientras se remolcan (ya sea al lugar de limpieza o de fondeo), que el que presentan otros materiales arrecifales durante su transporte.
- Los barcos pueden tener un valor alternativo como fuentes de acero reciclable.
- La utilización de explosivos para hundir barcos (especialmente cuando resulta precisa su utilización en grandes cantidades), puede causar daños estructurales, esparcir desechos, provocar problemas puntuales de contaminación atmosférica, y suponer un cierto riesgo para la vida marina.
- Existen normas internacionales sobre la materia que en muchos casos se han elaborado con el criterio de garantizar un hundimiento seguro y medioambientalmente aceptable del barco, no con el de crear un arrecife artificial, por lo tanto sólo establecen unas condiciones mínimas, cuya mera observación no es suficiente para garantizar la idoneidad y viabilidad del arrecife.



Figura 6. Formación de un arrecife artificial a partir de un barco de acero

#### 4.2.7.- Plataformas marinas

##### - Ventajas

- Las estructuras residuales de las plataformas marinas sirven para incrementar la colonización de zonas de baja diversidad por organismos marinos, ya que atraen a su entorno a peces de ornato y algunas especies de importancia económica.
- Debido a la cantidad de especies de flora y fauna que atraen, se suelen utilizar también como lugares de turismo subacuático y de pesca recreativa.
- La creación de arrecifes artificiales a partir de estas estructuras, crean alternativas de buceo que permitirán reducir la presión sobre otros puntos litorales, y pueden contribuir de manera considerable a la economía de la zona.
- Los componentes de acero de las plataformas se presentan como un material estable, firme en el subsuelo, poco degradable y perdurable en el tiempo, por lo que se asegura su estabilidad en casos de temporales extremos.
- La reutilización de estas estructuras ancladas en el fondo (y en su mayor parte metálicas) como arrecifes artificiales puede resultar más económica que su desguace.



Figura 7. Hundimiento de una plataforma marina

- En función de la actividad llevada a cabo por la plataforma, sus materiales pueden ser más limpios que los barcos y menos problemáticos en cuanto a seguridad y manipulación, además de cumplir con los mismos objetivos recreativos de una forma más económica.
- Debido al su alto perfil vertical, las plataformas son capaces de atraer tanto a especies pelágicas como demersales. Las superficies verticales producen afloramientos y alteraciones de velocidad y dirección de las corrientes que suponen un atractivo más para ciertas especies.
- Su utilización está regulada internacionalmente, al existir varios textos que se refieren a las instalaciones marítimas de petróleo y gas en desuso. Cabe mencionar los siguientes:
  - Convención de Ginebra sobre la plataforma continental de 1958.
  - Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982.
  - Convención de Londres de 1972.
  - Directrices y normas de la Organización Marítima Internacional para la retirada de instalaciones y estructuras marítimas de la plataforma continental de 1989.
  - Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación de 1989.
  - Convenios de Oslo (1972) y de París (1992).
  - Convenio de Helsinki sobre la protección del medio marino en la zona del mar Báltico de 1992.
  - Convenio de Barcelona para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación de 1976.
- En la Conferencia del Mar del Norte de junio de 1995, la Comisión se declaró en favor del reciclado y reutilización de las instalaciones marítimas en desuso.



Figura 8. Plataforma petrolífera en funcionamiento

- Inconvenientes

- No es posible su reubicación, por lo que el diseño del arrecife con perspectiva técnica y científica queda muy limitado.
- Las plataformas pueden contener una serie de contaminantes como hidrocarburos, PCB's, materiales radiactivos, plomo, mercurio, zinc y algunos aislantes, cuya

eliminación resulta dificultosa y bastante costosa. El coste incrementará con el tamaño y complejidad de la estructura, el número de compartimentos y espacios.

- El uso de plataformas marinas como arrecifes artificiales puede provocar conflictos en el sector pesquero debido a la ocupación de determinadas zonas de pesca al no ser desmanteladas.
- Numerosas plataformas abandonadas no llegan a convertirse en arrecifes artificiales porque no son gestionadas debidamente y sólo suponen grandes toneladas de chatarra contaminante para el medio marino.



Figura 9. Plataforma petrolífera abandonada en el Golfo de México.

- La Convención de Naciones Unidas sobre la Ley del Mar de 1982, así como las Guías y Normas de la Organización Marítima Internacional de 1989, reiteraron la obligación de desmantelar las plataformas marinas, en especial, aquellas instaladas en la plataforma continental.
- Dentro del ámbito del Convenio de Barcelona, en 1994 se aprobó el Protocolo para la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación resultante de la exploración y explotación de la plataforma continental, del fondo del mar y de su subsuelo, siendo España signatario del mismo, si bien todavía no ha entrado en vigor. Dentro de este Protocolo se incluye textualmente que: *"El Estado competente exigirá al operador desmantelar cualquier instalación que sea abandonada o en desuso"*.
- De igual manera, la Decisión OSPAR 98/3 estableció explícitamente la prohibición del vertido y abandono de las instalaciones offshore o partes de ellas en el medio marino.
- La utilización de explosivos para hundir estructuras como las plataformas offshore, provoca problemas puntuales de contaminación atmosférica, y suponen un alto riesgo para la vida marina circundante.

## **5.- INFORMACIÓN AMBIENTAL**

En función del tipo de arrecife artificial que se pretenda instalar, de su diseño y materiales, y del lugar seleccionado para su fondeo, resulta imprescindible el conocimiento de una serie de variables ambientales, que permiten determinar la viabilidad del proyecto.

Dentro del inventario ambiental, deberá recopilarse toda aquella información necesaria para la identificación y valoración de los posibles impactos de la actuación.

Aunque en el anejo "*Orientaciones para la Elaboración de los Contenidos de los Estudios de Impacto Ambiental de Arrecifes Artificiales*", se describen más pormenorizadamente el tratamiento que ha de darse al estudio de cada una de estas variables, a continuación se relacionan y comentan los aspectos más importantes:

### **5.1.- CLIMA MARÍTIMO**

Un adecuado conocimiento de los movimientos de las masas de aguas en la zona prevista para la ubicación de un arrecife resulta indispensable para predecir, por un lado, el transporte litoral de sedimentos, y por otro, el empuje que tendrá que soportar el arrecife, con el consiguiente riesgo de ser desplazado o volcado.

Cualquier proyecto de instalación de arrecifes artificiales debe ir acompañado de un estudio básico del clima marítimo, incluido análisis del oleaje y corrientes, con la excepción de aquellos casos en los que el emplazamiento del arrecife artificial se encuentre a una profundidad suficiente como para no verse afectado por el oleaje y las corrientes inducidas por éste, caso en el que se podrá prescindir del estudio del oleaje, pero no así del análisis de corrientes.

En el caso de los arrecifes constituidos por hundimiento de buques es muy importante elaborar un estudio de la frecuencia y magnitud de temporales que puedan llegar a afectar la integridad estructural del mismo.

En el caso de arrecifes artificiales destinados principalmente a la protección del medio físico por disipación de la energía del oleaje, será necesario realizar un estudio de detalle de propagación del oleaje ya que este tipo de arrecifes afectan de forma directa a la hidrodinámica de la zona.

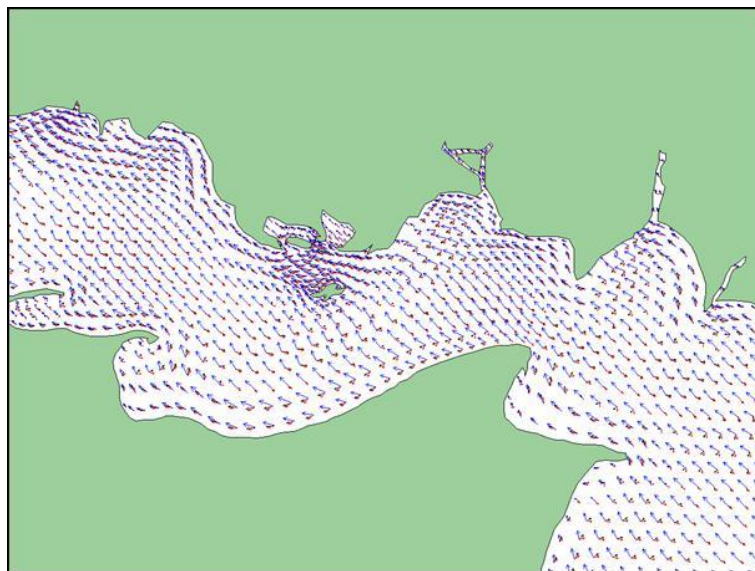


Figura 10. Ejemplo de un estudio de circulación hidrodinámica de una zona costera

## 5.2.- TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El estudio del transporte de sedimentos en la zona prevista para la ubicación de un arrecife artificial, resulta esencial para garantizar por un lado, que el arrecife artificial no intervendrá negativamente en el transporte litoral, y por otro, que el arrecife artificial no quedará colmatado por el sedimento al cabo de un cierto tiempo, perdiendo en tal caso su funcionalidad.

Este tipo de estudio será necesario siempre y cuando el arrecife artificial se quiera fondear dentro de la profundidad de cierre o a pocos metros de ésta y será de detalle (contando con oleaje, tipo de sedimento y corrientes), para aquellos arrecifes que puedan interactuar directamente sobre el transporte sedimentario, caso de los arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico.

## 5.3.- GEOMORFOLOGÍA

La instalación de cualquier arrecife artificial requiere necesariamente el conocimiento de los fondos en el lugar de fondeo, puesto que éstos influirán tanto en la estabilidad del arrecife, como en sus posibles impactos sobre el medio.

El conocimiento de la batimetría resulta imprescindible, no sólo para determinar el tipo de hábitat que se puede desarrollar en un arrecife, sino también para estudiar los posibles efectos que éste tendrá sobre el medio físico y viceversa (oleaje, transporte de sedimentos, etc.). Cualquier proyecto técnico de instalación de arrecifes artificiales, independientemente de su tipología, deberá por lo tanto incorporar el estudio batimétrico de la zona escogida para el fondeo y su potencial zona de influencia.

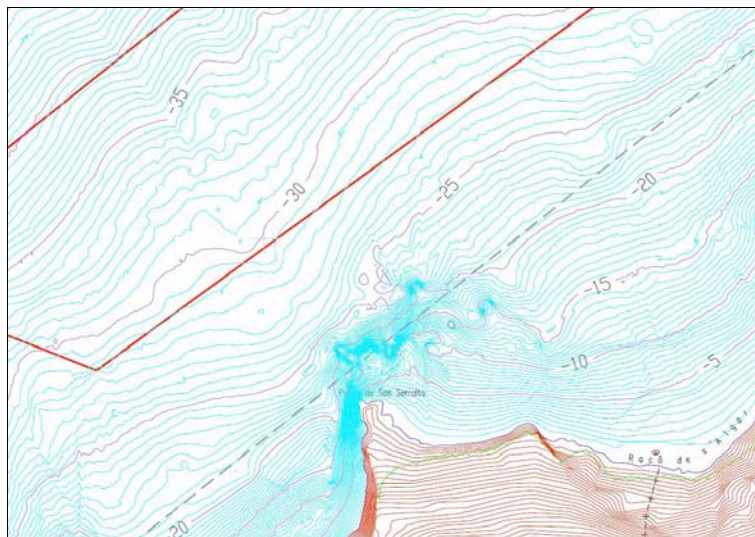


Figura 11. Batimetría y topografía de una parte de la costa mallorquina

Aquellos arrecifes que requieren una mayor precisión en el conocimiento previo de la geomorfología del fondo son aquellos que actúan sobre el medio físico, ya que en muchos casos están destinados a modificar dicha geomorfología. El preciso conocimiento previo de la geomorfología del fondo y de los alrededores que albergarán al arrecife artificial permitirá, a través del programa de vigilancia (campañas posteriores de sonar de barrido lateral), llegar a un buen conocimiento y valoración de los efectos producidos sobre esta variable ambiental.



Figura 12. Registros del levantamiento morfológico realizado con Sonar de barrido Lateral.

Por otra parte, el conocimiento previo detallado de la geomorfología del fondo es necesario para definir el tipo y tamaño de los elementos estructurales a fondear, las características de la zona sobre la que se realizará dicho fondeo, la posibilidad de aprovechamiento de elementos naturales presentes en la zona y, en última instancia para diseñar el arrecife con la máxima estabilidad.

En el caso de los arrecifes destinados a la protección frente a las artes ilegales de pesca y a la recuperación de ecosistemas degradados también necesitan una mayor precisión en la definición de la geomorfología previa en el caso de que las comunidades a proteger o a recuperar sean un elemento esencial en la propia morfología del fondo. Por ejemplo, si la comunidad a proteger o recuperar es la *Posidonia oceanica* (comunidad que confiere a la geomorfología del fondo un aspecto característico reconocible a través de SBL), la instalación del arrecife puede inducir cambios en su cobertura y por tanto en la propia morfología del fondo. Por este motivo, el conocimiento de su distribución previa y la comparación con la cobertura que presenta durante el seguimiento ambiental es fundamental, no sólo para comprobar la eficacia del arrecife sino también para valorar la influencia de éstos sobre la variable ambiental geomorfología.

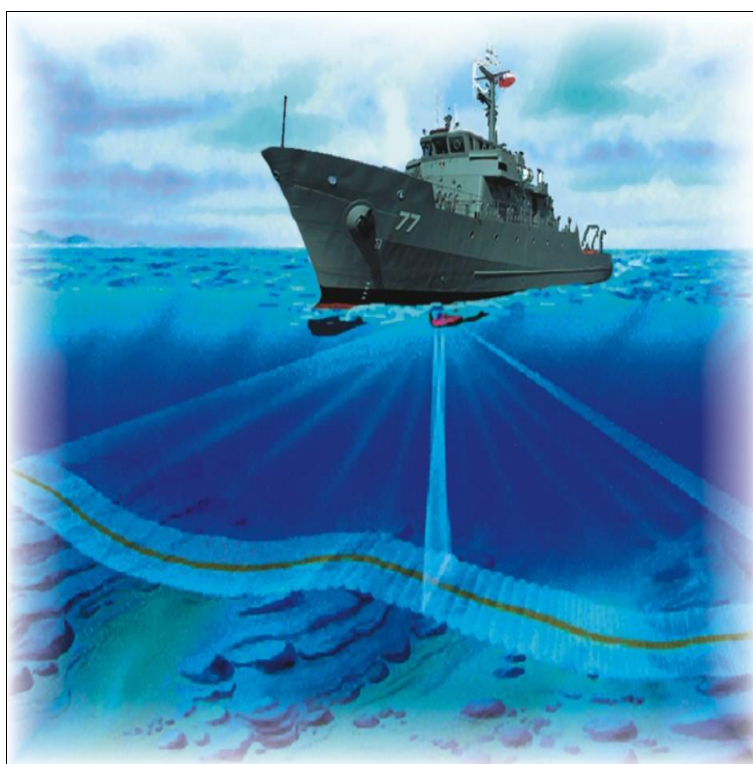


Figura 13. Batimetría realizada con sistema de sonar multihaz modelo Hydrosweep



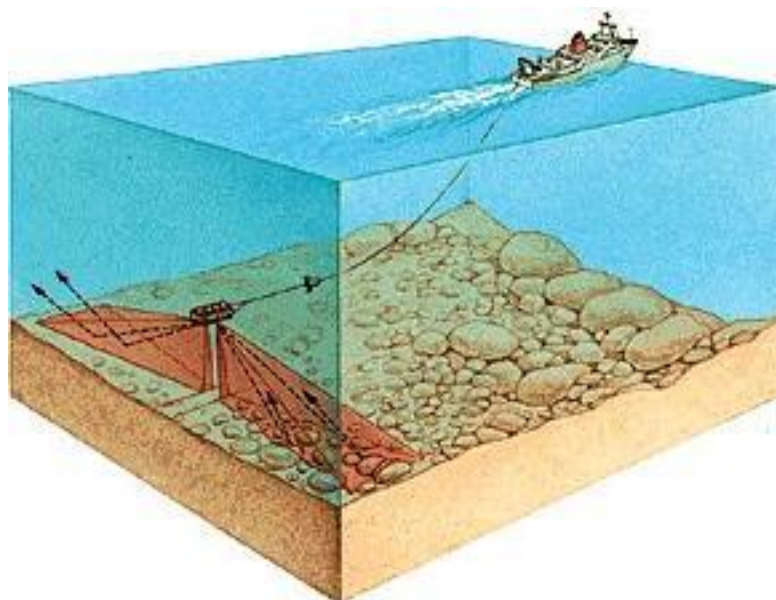


Figura 14. Representación de un estudio morfológico superficial realizado con sistema de Sonar de Barrido Lateral

#### 5.4.- CALIDAD DE LAS AGUAS

Se considera necesario el conocimiento del estado del agua en la zona de implantación de cualquier arrecife, con el fin de poder evaluar a posteriori, los impactos que éste pueda tener sobre el medio. Además, para decidir sobre la viabilidad de un arrecife artificial con fines biológicos en una zona determinada, resulta fundamental el estudio de la calidad de las aguas, ya que si se trata de una zona altamente contaminada, difícilmente se lograrán los propósitos del arrecife.

Dentro del Inventario Ambiental debe incluirse un estudio básico de la calidad de las aguas siempre y cuando no exista información suficiente de la zona. Cualquier proyecto de instalación de arrecifes artificiales debe incorporar por tanto la siguiente información sobre la calidad del agua de la zona:

- Temperatura, salinidad y turbidez.
- Concentración de materias en suspensión (MES).
- Concentración de oxígeno disuelto.
- Nutrientes inorgánicos disueltos.
- Indicadores de contaminación fecal.

El proyecto deberá incluir también un inventario de todos los vertidos que queden dentro del área de influencia del arrecife artificial, especificando tipo de vertido, caudal y a poder ser grado de afección en la calidad del agua.

#### 5.5.- CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS

El estudio de la calidad de los sedimentos se considera indispensable para analizar si la zona escogida para el fondeo del arrecife resulta adecuada para tal fin o no, así como para prever un hipotético paso de contaminantes al agua durante el fondeo de las estructuras.

De cara a evaluar el impacto ambiental de la actuación, se deberá contar con información de detalle sobre de la extensión de las arenas presentes, así como sus características físicas (fundamentalmente granulometría). Esta información, caso de no existir, únicamente puede ser adquirida a través de la toma de muestras y realización de los correspondientes ensayos de laboratorio.

En aquellos casos en que se sospeche una posible contaminación en el sedimento por su proximidad a vertidos, información anterior, etc. se realizará una caracterización química del mismo, limitada a aquellas sustancias contaminantes cuya presencia se sospeche.



Figura 15. Draga tipo Van Veen con cierre hermético

## 5.6.- COMUNIDADES BIOLÓGICAS

La caracterización de los ecosistemas marinos de la zona escogida para el emplazamiento de un arrecife, permite determinar el estado ecológico de la misma, y con ello justificar la necesidad o conveniencia de ciertas tipologías de arrecife. Además, se puede disponer así de un nivel de referencia para evaluar los posibles efectos a corto y largo plazo del arrecife, después de su instalación.

Particularmente, para asegurar que un arrecife artificial, de la tipología que sea, será capaz de alcanzar su objetivo, es necesario conocer la distribución y caracterización de las comunidades bentónicas de la zona. Además, esta información resulta también imprescindible para la evaluación de los posibles impactos del arrecife sobre la biota.

## 5.7.- MEDIO PERCEPTUAL

El estudio del medio perceptual debe contemplar la caracterización del paisaje, entendido éste como la percepción de la escena por parte de los observadores potenciales. Por ello, resulta imprescindible determinar, en primer lugar, las posibles cuencas de visualización, lugares desde los cuales existen observadores potenciales de la escena que se pretende monitorizar. Una vez determinadas todas ellas se estará en disposición de caracterizarlas en

base al número de observadores potenciales, la continuidad visual de la escena, su significado en relación al entorno que la engloba, etc., resultando de todo el proceso la capacidad de acogida que presenta cada una de ellas en relación a los elementos del proyecto a incluir. Lógicamente, este estudio se centrará en la parte superficial del paisaje, en el que se incorporarán elementos antrópicos como las embarcaciones dedicadas al fondeo, o incluso la propia presencia del arrecife si éste corona en superficie. No obstante, respecto a este particular, habrá que prestar especial atención a la dinámica superficial de la lámina de agua y de la línea de costa, la cual puede verse modificada dependiendo de la funcionalidad del arrecife instalado (aumento-disminución del oleaje, zonas de acreción-erosión, etc.).

Por último no debe olvidarse el paisaje submarino, para el que la metodología más adecuada sería la del estudio de escenarios comparados. Para ello, se realizará un exhaustivo reportaje fotográfico de la zona que albergará el futuro arrecife para luego volver a realizar la operación y obtener las debidas conclusiones.

### **5.8.- SOCIOECONOMÍA**

Esta parte del estudio debe incluir, exclusivamente, las implicaciones económicas de los efectos ambientales derivados del fondeo de arrecifes artificiales. Se trata pues, de identificar y valorar adecuadamente el aprovechamiento económico que se realiza o realizará en la zona de fondeo y las zonas de influencia (protección de zonas de fondeo, creación de playas, etc.). Fundamentalmente se centrará en los recursos marinos que se exploten en la actualidad, se haya explotado en un pasado inmediato (y se piense que pueden ser de nuevo explotados), o se prevea puedan tener un aprovechamiento futuro. Entre ellos se incluirán bancos de pesca, zonas de cría o engorde, zonas de cultivos marinos, bancos de algas aprovechables, zonas de aprovechamiento para la captura de invertebrados marinos, etc.

Estos estudios serán de detalle cuando los arrecifes proyectados estén destinados a interactuar sobre la biota porque producirán modificaciones en la estructura poblacional de determinados recursos. Cuando se trate de un proyecto de un arrecife artificial destinado a fines pesqueros, se deberá añadir información detallada sobre el estado de las pesquerías en la zona de emplazamiento del arrecife. Dicha información deberá recoger datos sobre caladeros de pesca, flota pesquera, artes de pesca, volumen de capturas y especies objeto.

### **5.9.- INFRAESTRUCTURAS**

Asimismo, será necesario identificar la presencia de infraestructuras submarinas (estructuras y obras de ingeniería civil tales como puertos, conducciones eléctricas o telefónicas sumergidas, antiguos arrecifes artificiales, emisarios submarinos, etc.) en la zona de estudio, en caso de que las hubiera. Cada área deberá de estar perfectamente delimitada y se deberá especificar su tipología. Asimismo, deberá evaluarse la posible afección del arrecife sobre estas infraestructuras.

### **5.10.- ESPACIOS PROTEGIDOS**

Todo proyecto técnico de instalación de arrecifes artificiales deberá incorporar información detallada sobre la presencia de áreas protegidas en la zona de estudio o sus inmediaciones, en caso de que las hubiera. En estos casos, cada área deberá estar perfectamente

delimitada y se deberá especificar su figura de protección, así como las comunidades o hábitats que albergan. Asimismo, deberá realizarse un informe específico sobre la posible afección del arrecife sobre estas zonas protegidas, para su tramitación de acuerdo con lo que se describe en el apartado 9.1.

### **5.11.- PATRIMONIO HISTÓRICO**

La Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico Español, en su artículo 1.2 enumera los bienes que integran el Patrimonio Histórico por referencia a distintos intereses, estableciendo en concreto que son: "los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico". Para poder caracterizar el patrimonio histórico, con carácter previo a la instalación de un arrecife artificial, se deberá realizar una exhaustiva revisión bibliográfica de los yacimientos catalogados en la zona de actuación y su entorno. En el caso de que existan restos arqueológicos catalogados en los alrededores, se deberá proceder a la presentación ante el organismo competente, del correspondiente proyecto de intervención arqueológica a partir del cual la Administración dictará los condicionados precisos para desarrollar la actuación con las máximas cautelas de protección hacia el patrimonio. Los resultados de todo el proceso se integrarán en un documento único donde se establecerá un protocolo básico de actuación donde se especifican las directrices concretas para la correcta actuación sobre el medio.

## **6.- SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO**

Una ubicación no adecuada para el arrecife artificial puede generar impactos negativos sobre el medio, además de impedir que el arrecife cumpla eficazmente con sus objetivos. Para la correcta selección del emplazamiento de un arrecife artificial en el mar han de considerarse una serie de aspectos decisivos que en algunos casos dependerán de los objetivos perseguidos.

No obstante a lo anterior, resulta necesario destacar que el emplazamiento de los arrecifes artificiales de protección de un determinado ecosistema viene condicionado, precisamente, por la existencia del ecosistema que se desea proteger. Así, para estas estructuras la selección de emplazamiento cabe únicamente entenderla como la ubicación concreta donde disponer los módulos, la orientación de las barreras u otras características particulares a nivel de proyecto sin que quepa, en estos casos, establecer alternativas de ubicación, si bien los criterios que se exponen a continuación pueden servir de guía para alcanzar los mejores resultados desde el punto de vista ambiental.

### **6.1.- PROFUNDIDAD**

La profundidad de colocación es uno de los parámetros determinantes para el tipo de hábitat que se vaya a asentar sobre él. En función de las especies que se quieran atraer y/o producir, se tendrá que fondear el arrecife a una u otra profundidad. Para el desarrollo de ciertos organismos bentónicos será necesario que el arrecife quede fondeado dentro de la capa fótica.

En el caso de arrecifes artificiales destinados a la práctica del submarinismo, deben de instalarse a una profundidad tal, que resulte accesible por los buceadores pero al mismo tiempo suficiente para minimizar el riesgo de daños o desplazamiento por temporales.

Salvo para el caso de los diques-arrecife, la profundidad de fondeo debe ser la suficiente para permitir la navegación. Se recomienda dejar, como mínimo, una capa de agua de 15 metros por encima del arrecife en la bajamar viva equinoccial. En lugares donde se prevé la posibilidad de paso de buques de calados superiores a 10 metros, se establece la capa de agua mínima en 25 metros y así sucesivamente.

Los arrecifes destinados a la producción pesquera, ya sea comercial o recreativa, deben de considerar además una profundidad adecuada para la pesca.



Figura 16. Diseño de construcción de arrecifes artificiales a determinadas profundidades

En las zonas en las que el transporte litoral de sedimentos sea considerable, y en función del tamaño del arrecife, será necesario instalarlo fuera de la profundidad de cierre para evitar que quede enterrado por el sedimento, dejando de cumplir con sus objetivos.

Finalmente, la profundidad a la que se instale cualquier arrecife artificial deberá posibilitar la realización de un seguimiento ambiental para comprobar la evolución del mismo.

## 6.2.- PROXIMIDAD A LA COSTA Y PUNTOS DE ACCESO

Dependiendo de los objetivos para los que se diseña un arrecife artificial, la proximidad a la costa puede resultar un factor importante a la hora de seleccionar el lugar de emplazamiento.

La zona de ubicación de un arrecife artificial destinado a la práctica del submarinismo, de la pesca recreativa o a fines científicos y educativos, debe tener un acceso fácil y rápido desde la costa. Se tienen que tener en cuenta todos los puntos cercanos de acceso al mar como rampas, marinas o puertos.



Figura 17. Diseño de construcción de arrecife artificial a una determinada distancia de la costa

### 6.3.- ORIENTACIÓN

La posición de un arrecife artificial respecto a las corrientes marinas es otro factor que influye en la distribución de las especies. La circulación del agua a través de las cavidades del arrecife es esencial para el aporte de nutrientes,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , materia orgánica particulada y para la resuspensión de productos de desecho. Además, las corrientes proporcionan unas condiciones favorables al asentamiento larval y reducen la sedimentación.

Sin embargo, cuando un arrecife queda expuesto a velocidades altas de la corriente, el flujo del agua puede causar una cierta degradación del sustrato y empobrecer el asentamiento larval. Por ello resulta muy conveniente cuidar la orientación de los arrecifes destinados a actuar sobre la biota (excepto los de protección pesquera), tratando de minimizar la superficie del arrecife expuesta a fuertes corrientes y procurando a la vez que no se formen zonas donde el agua quede estancada.



Figura 18. Arrecifes artificiales con varias orientaciones junto a la playa

#### **6.4.- INTERFERENCIA CON OTROS USOS**

Cualquier proyecto de instalación de un arrecife artificial debe tener en cuenta, a la hora de la selección del lugar de emplazamiento, cualquier actividad legítima que esté en curso o prevista en la zona de interés, como la navegación, el turismo, las actividades recreativas, la pesca, la acuicultura, la conservación de la naturaleza u otros usos técnicos del fondo del mar.

Asimismo, deberán ser consideradas las zonas de desove, viveros, y rutas conocidas de migraciones de peces o mamíferos marinos.

Con carácter previo a la colocación de cualquier tipo de arrecife artificial, se deberá informar a todos los colectivos o agentes que puedan verse afectados o que estén interesados. Tal información debe incluir, como mínimo, las características del arrecife, su localización y la profundidad de fondeo.

La posición exacta de los arrecifes artificiales ha de quedar reflejada en las cartas náuticas, especificando el espesor de columna de agua que queda sobre ellos.

#### **6.5.- CONDICIONANTES AMBIENTALES**

Finalmente, la selección del emplazamiento debe ajustarse a un conjunto de condicionantes ambientales, que han de ser considerados en su totalidad. La selección final del emplazamiento debe resultar de un análisis previo de todos ellos, que permita evitar efectos indeseables.

Con carácter general deberá evitarse el emplazamiento de arrecifes en fondos detríticos estructurados (Maërl), rocosos o cubiertos por praderas de fanerógamas marinas u otras formaciones de especial interés ecológico, especialmente aquellas protegidas por la legislación vigente, en los que el desarrollo potencial de comunidades bentónicas sobre las estructuras, difícilmente va a significar una mejora ambiental del medio. Puede establecerse una excepción a la anterior consideración en aquellos casos en que el objetivo perseguido por el arrecife sea, precisamente, la protección de estas comunidades, en cuyo caso podrá contemplarse para conseguir tal objetivo, la instalación de determinados módulos sobre dichos fondos, debiéndose elegir entonces las ubicaciones más adecuadas (zonas de menor valor de conservación), de manera que se minimicen los posibles impactos negativos o éstos queden compensados por el beneficio perseguido.

En todo caso, deberán abordarse los estudios de detalle necesarios para garantizar este extremo.

Teniendo en consideración los puntos tratados anteriormente, todos los proyectos deben contener una evaluación del emplazamiento seleccionado en relación con al menos los siguientes factores:

- Distancia a la costa y profundidad.
- Procesos costeros con especial atención al transporte sedimentario.
- Áreas de interés recreativo y turístico.
- Zonas de freza y reclutamiento de especies icticas de interés.
- Rutas de especies migratorias como los túnidos, mamíferos marinos y tortugas marinas.

- Caladeros de pesca profesional.
- Zonas de pesca recreativa.
- Zonas de especial interés paisajístico, histórico, arqueológico o cultural.
- Áreas de importancia ecológica, con especial atención a los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) que forman parte de la Red Natura 2.000 en desarrollo de la Directiva 92/43/CEE de Conservación de los Hábitats Naturales y la Fauna y Flora Silvestres, así como a las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), declaradas en desarrollo de la Directiva 79/409/CEE de Conservación de las Aves; así como las Áreas Marinas Protegidas declaradas al amparo de Convenios internacionales (como las ZEPIM del Convenio de Barcelona o las AMP del convenio OSPAR).
- Rutas de navegación y zonas de fondeo.
- Zonas de exclusión militar.
- Zonas afectadas por instalaciones marinas (jaulas de acuicultura, aerogeneradores, instalaciones de energía undimotriz y mareomotriz, plataformas petrolíferas, etc.).
- Zonas ocupadas por infraestructuras submarinas (emisarios, cables, instalaciones de aprovechamiento energético, etc.).
- Yacimientos de áridos.
- Cualquier otro uso futuro posible de la zona donde se plantea la instalación del arrecife.

## 7.- **COLOCACIÓN**

### 7.1.- **PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS**

En el proyecto de instalación de un arrecife artificial, se ha de definir el ámbito de las obras a ejecutar para la construcción, el transporte y el hundimiento de los módulos que formarán parte del arrecife, teniendo en cuenta la localización, el tipo de estructura a hundir y el objetivo perseguido con su instalación, o lo que es lo mismo, la función para la que serán destinados.

En cualquier caso, es necesario abordar el estudio de los principales parámetros y medidas implicadas en el transporte de las estructuras una vez construidas y antes de proceder al depósito definitivo sobre el fondo marino de la zona de instalación propuesta.

El alcance de este estudio, debe contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Análisis de las alternativas de embarque, evaluando los posibles lugares de construcción.
- Medios de instalación (tipo de barcos capaces de realizar el fondeo).
- Selección de los parámetros que permitan evaluar el ajuste de la obra ejecutada respecto al proyecto.
- Estudio de la optimización de los costes económicos.
- Optimización del transporte (sistema, procedimiento, metodología y utensilios) desde la zona de construcción hasta la zona de acopio de estructuras a pie de muelle para su carga en el barco, en función de las experiencias y resultados previstos.
- Propuesta del sistema y material de indicación individualizada de los módulos.



- Propuesta del sistema de control de calidad de la operación de colocación que permita conocer la distribución de los módulos una vez fondeados.

En función de la ubicación final del arrecife se debe seleccionar el lugar más adecuado para su embarque, teniendo en cuenta el calado de los puertos más próximos en relación con las necesidades de maniobra de las embarcaciones remolcadoras a plena carga. En cualquier caso, y con el objeto de redactar un programa de obras realista, se ha de solicitar al órgano gestor de la instalación portuaria seleccionada, los datos sobre los niveles del mar en las diferentes dársenas con el objeto de determinar el porcentaje de días con imposibilidad de carga y su distribución anual. A su vez, se han de analizar los accesos (gálibo y anchura), y las zonas de almacenaje, evaluando las alternativas existentes para la construcción de las estructuras: en la propia dársena o dentro de la zona portuaria o, por el contrario, fuera de las mismas.



Figura 19. Construcción en el puerto de módulos de producción

Para la construcción de los diferentes módulos, se ha de prever la superficie necesaria y tener en cuenta las infraestructuras presentes en la costa para facilitar los trabajos.

A la hora de seleccionar el muelle donde realizar el embarque debe tenerse en consideración que el transporte de estructuras suele requerir la utilización de una pontona de eslora no inferior a 30 metros (en función del tipo y número de módulos a instalar), con una grúa de potencia suficiente, instalada en la cubierta. Es imprescindible que la pontona a utilizar cuente al menos con dos hélices y esté dotada de un sistema de posicionamiento GPS diferencial.

## 7.2.- INSTALACIÓN

El transporte y fondeo de las estructuras son operaciones que pueden resultar peligrosas debido a su forma y su gran peso. Además, las vigas de acero que sobresalen de la estructura, en el caso de los módulos de protección, convierten a éstos en cargas muy peligrosas durante las operaciones de estiba y fondeo. El balanceo ocasionado por los desplazamientos al ser izados y lanzados puede provocar que el módulo golpee cualquier parte de la estructura del barco. Los módulos de producción no disponen de buenos puntos de sujeción que faciliten el transporte y el fondeo y consecuentemente, la maniobra de depositarlos sobre el fondo es muy delicada. Todos estos inconvenientes a la hora del

transporte aconsejan que los módulos se moldeen y se construyan en zonas lo más próximas posible al punto de ubicación del arrecife.

Los módulos de producción son habitualmente manipulados pasando cables para su suspensión segura por debajo de las vigas u otros elementos estructurales que han sido previamente dimensionados para esta manipulación y para su depósito en el fondo lanzándolos desde superficie con la consiguiente disminución de riesgo para buceadores evitando su manipulación en inmersión. Casi ningún arrecife artificial actualmente instalado en España emplea buceadores para ello por su limitación de capacidad de trabajo, riesgo y alto coste. Lo que se hace es diseñar los módulos adecuadamente para que puedan ser manipulados con seguridad, instalados soltando desde superficie y funcionales en cualquier posición en la que caigan al fondo.

Una vez finalizada la construcción de los módulos y transportados hasta el lugar de embarque, se procede a su carga a bordo de la embarcación y se estiban para ser fondeados en los puntos que les corresponda dentro de los polígonos que formarán el arrecife. A la hora de fondear un arrecife hemos de tener en cuenta algunas especificidades del ámbito marino que hacen que la instalación de los módulos sea bastante más compleja que si se tratase de una operación en tierra firme. El estudio para implantar un arrecife se hace para una zona muy concreta y, por tanto, es importante que se garantice la efectividad ubicándolo en la posición prevista. Algunos de los inconvenientes añadidos a la difícil tarea de fondear estas grandes estructuras son la posible existencia de corrientes marinas y viento que provocan la deriva de la embarcación; el balanceo provocado por el oleaje, que pone en peligro la integridad física de los operarios, del buque y de las estructuras, y la falta de visibilidad del fondo marino.

Cada una de las estructuras debe ser numerada y el punto donde se fondea identificado. De esta forma el posterior seguimiento mostrará con claridad la evolución del módulo y si ha sido desplazado o no, de su ubicación original. Además, hay que tener en cuenta que la distribución relativa del arrecife sobre el fondo marino debe ajustarse al proyecto tanto como sea posible (el error máximo tolerable debe ser del orden de 10 metros). En el caso de los arrecifes destinados a la protección de ecosistemas, la barrera de módulos de protección ha de ser totalmente estructurada y homogénea, sin pasos ni fisuras, puesto que en caso contrario los posibles buques infractores, gracias a los modernos equipos de posicionamiento, a los sondadores ultrasonoros de detección del fondo y a los *plotters* de navegación, localizarían fácilmente el paso y ésto les permitiría faenar dentro de la zona protegida.

Los módulos de producción, rodeados por la barrera de defensa, han de mantener entre ellos la distancia calculada en el proyecto para permitir que las diferentes especies que colonicen las estructuras puedan desplazarse con facilidad y conseguir una ocupación global de toda la zona.

Tradicionalmente, uno de los principales problemas del fondeo de arrecifes artificiales ha sido el conseguir el posicionamiento exacto de los módulos en el lugar previsto. La implantación a escala mundial del sistema de navegación y posicionamiento por satélite GPS (*Global Positioning System*) y, más concretamente, la aplicación de una corrección terrestre al sistema, denominada corrección diferencial (GPSD), ha venido a resolver estos problemas. El sistema GPSD ofrece actualmente un error máximo en coordenadas de unos 5 metros o incluso inferior, por lo que se puede garantizar un error final, una vez se hayan añadido las derivas y los errores por maniobra del buque, inferior a 10 metros.

Es también muy importante que la embarcación utilizada en la operación tenga la capacidad de maniobra suficiente para garantizar la aproximación al punto de fondeo con rapidez y precisión.



Figura 20. Las operaciones de fondeo pueden llegar a requerir la participación de buceadores

El rango de tolerancia para el hundimiento de cada módulo en el fondo marino no debe superar los 5 metros de radio respecto a la posición de proyecto de cada pieza.

Resulta conveniente la instalación en diferentes módulos, de diversos tipos de fijaciones y placas de muestreo y de seguimiento científico de la colonización de estructuras por parte de los seres vivos, (en caso de que los módulos vayan destinados con fines mixtos, productivos o acumulativos), que resultarán muy útiles en el programa de seguimiento.

También se debe considerar la instalación de carteles explicativos de la ubicación de la zona a visitar en los principales lugares de salida de embarcaciones (en caso de que los módulos vayan destinados a fines turísticos y de ocio).

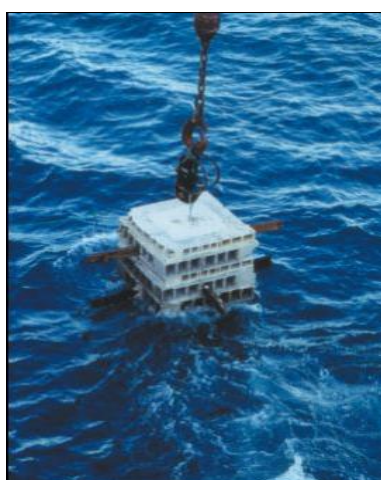


Figura 21. Las estructuras de producción o mixtas deben ser depositadas suavemente sobre el fondo.

En función del diseño de los módulos de arrecifes, el embarque, el transporte y el anclaje se realizarán de manera distinta:

- Tipo protección: Esta estructura está formada por múltiples brazos o por un cubo de hormigón armado atravesado por vigas de hierro. Se transportará mediante una grúa a la pontona pasando dos eslingas de acero de grosor adecuado, como mínimo, por dos de los tubos metálicos colocados durante la construcción en la parte inferior de la estructura de manera simétrica y para esta finalidad. La pontona, una vez situada en la posición correcta del replanteo, procederá al hundimiento de cada módulo hasta colocarlo sobre el fondo marino en su posición exacta. Para el hundimiento de estas estructuras no se necesita la ayuda de submarinistas.
- Tipo concentración-atracción y producción: Una vez fabricada la pieza se transportará mediante una grúa a la pontona utilizando los elementos de sujeción añadidos. La pontona, una vez situada en la posición correcta del replanteo, procederá al hundimiento de cada módulo hasta colocarlo sobre el fondo marino o al nivel de la planta que corresponda.
- Tipo Mixto: Una vez fabricada la pieza, se transportará mediante una grúa en la pontona de transporte marítimo, la cual una vez situada en la posición correcta del replanteo, se procederá a su hundimiento hasta colocarla sobre el fondo marino en su posición exacta. Para el hundimiento de estas estructuras, no se prevé la ayuda de submarinistas.
- Barcos, pantalanés y plataformas marinas: Normalmente su hundimiento requiere la utilización de un remolcador que lleve la instalación al lugar indicado. Una vez en el lugar idóneo, se deja hundir el barco hasta el fondo del mar. El hundimiento debe ser objeto de un proyecto específico, tal y como se define en el anejo III.

## 8.- FONDEO DE ESTRUCTURAS EN DESUSO

Tal y como se ha mencionado en el capítulo relativo al marco legal, el fondeo de estructuras en desuso queda limitado tras la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua, pudiendo ser considerado únicamente cuando concurren alguna de las excepciones consideradas en su propio articulado o en el caso de aquellos proyectos que, aún suponiendo una alteración hidromorfológica de la masa de agua, tengan por objeto, y así se demuestre a través de los correspondientes estudios técnicos, una mejora en el estado ecológico de la misma según los criterios del anexo V de la Directiva.

La adaptación de estructuras derrelictas como barcos, plataformas marinas, vagones de tren o aviones en desuso para su utilización como arrecife artificial, sólo podrá ser autorizada tras la aplicación de un programa de descontaminación adecuado, que garantice que no tendrán efectos nocivos sobre el medio una vez instalados. Así pues, todo proyecto de instalación de una de tales estructuras como arrecife artificial, deberá ir acompañado de un plan de recuperación y limpieza en el que se detallarán los procesos previstos de limpieza y recuperación del material potencialmente contaminante.



Figura 22. Estructura de avión lista para fondear como arrecife artificial

Para el caso particular del fondeo de barcos como arrecifes artificiales en cualquier zona del litoral español, y siguiendo las directrices establecidas en el Convenio para la protección del medio marino y de la región costera del Mediterráneo (Convenio de Barcelona), del que España es parte contratante, se deberán acometer las operaciones de acondicionamiento y descontaminación que se incluyen en el Anejo III del presente documento. Esta exigencia resultará aplicable a cualquier tipo de buque, con independencia de su tipo de casco (madera o acero), ya que la presencia de sustancias peligrosas (PCBs, aceites y grasas, hidrocarburos, metales pesados y otras sustancias...), no dependerá de ello.

Las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de materiales han sido expuestas en el apartado anterior. En sentido estricto ninguno de los dos son materiales inertes: la madera será sometida a un lento pero implacable proceso de descomposición, tanto biológica como mecánica. Por otra parte, el acero será objeto de corrosión y disolución en el medio, mediante un proceso en el que también los organismos vivos jugarán un papel relevante.

Teniendo en cuenta lo anterior, deberá evitarse con carácter general la utilización de este tipo de elementos para la creación de arrecifes artificiales, pues incluso con un teórico proceso de descontaminación que garantizara un 100% de eficacia (algo muy improbable), se producirá la incorporación paulatina al medio de metales en un caso, y restos de madera que se acabarán desprendiendo de la estructura, en el otro.

No obstante, el anexo III de esta Guía define el procedimiento y las cautelas ambientales a tener en cuenta en aquellos casos en que se demuestre fehacientemente que la alternativa del hundimiento resulta eficaz para el objetivo propuesto y no presenta efectos ambientales significativos.



Figura 23. Barco fondeado como arrecife artificial

## **9.- ORIENTACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.**

Para aquellos proyectos que requieran ser sometidos a procedimiento de evaluación de impacto ambiental, el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende una serie de etapas secuenciales, tal y como fueron planteadas por BEANLANDS & DUINKER en 1983. Estas etapas suelen ser comunes en todos los estudios de impacto ambiental, independientemente de la metodología aplicada posteriormente, por lo que su conocimiento se encuentra en un avanzado estadio de madurez. Así, *grosso modo* y de forma teórica, los estudios de impacto ambiental suelen desarrollarse siguiendo las siguientes pautas principales y que a continuación se detallan de forma somera:

En primer lugar, se debe caracterizar el estado del medio receptor con anterioridad a la ejecución del proyecto (estado preoperacional), teniendo en cuenta la integración de todo el conjunto de variables físicas, químicas, biológicas y sociales relevantes para el análisis. Un

conocimiento exhaustivo del entorno que acogerá la actividad se considera esencial para determinar la potencial desviación del estado cero una vez se lleven a cabo las actuaciones proyectadas, pudiéndose cuantificar, en los casos que sea posible, la intensidad y magnitud de las interacciones detectadas.

Seguidamente, se lleva a cabo la predicción de los principales impactos mediante un análisis estratificado de las diferentes relaciones causa-efecto que puedan detectarse. Con ello se pretende prever, en la medida de lo posible, el cambio que experimentarán las variables ambientales más sensibles a consecuencia de la construcción, explotación y posterior fase de abandono. De forma general, este análisis se realiza desde dos vertientes o etapas principales:

- Etapa preliminar, cuyo objetivo es *“Plantear, estudiar y, por último, seleccionar las alternativas más recomendables desde el punto de vista ambiental, social y técnico”*.
- Etapa de detalle, cuyo objetivo es *“Determinar, describir, ponderar y jerarquizar los cambios esperados en las variables ambientales y sociales afectadas por la solución finalmente adoptada”*.

Posteriormente, se han de proponer una serie de medidas, moderadoras, correctoras y compensatorias, tendentes a reducir el número y la intensidad de los impactos principales. Una vez determinados y cuantificados los impactos y considerada la atenuación de los mismos por parte de las medidas moderadoras y correctoras consideradas, se está en disposición de conocer las características, naturaleza y magnitud de los impactos residuales derivados de la instalación y funcionamiento del proyecto en cuestión.

Por último, se elaborará un programa de vigilancia ambiental que garantiza el cumplimiento y correcto funcionamiento de las medidas correctoras y moderadoras, siendo además capaz de redefinir e incluso introducir otras de nueva generación en el caso que los impactos valorados se desvíen significativamente de los estimados en el estudio de impacto ambiental.

En el anejo *“Orientaciones para la Elaboración de los Contenidos de los Estudios de Impacto Ambiental de Arrecifes Artificiales”*, se describen los aspectos metodológicos más relevantes a considerar.

## 10.- PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

El procedimiento administrativo para la **autorización de arrecifes artificiales** en España, pasa en primer lugar por la determinación del órgano sustantivo o competente para el otorgamiento de la autorización final.

En este sentido, caben las opciones que se presentan en la siguiente tabla:

	<b>Tipo de arrecife</b>	<b>Aguas interiores</b>	<b>Aguas exteriores</b>
A	Arrecifes destinados a la conservación, protección y desarrollo de los recursos pesqueros, incluidos los de concentración- producción- atracción y los de protección de ecosistemas con fines de	Órgano competente en materia pesquera de la Comunidad Autónoma correspondiente	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General de Pesca Marítima

	<b>Tipo de arrecife</b>	<b>Aguas interiores</b>	<b>Aguas exteriores</b>
	conservación de los recursos pesqueros		
B	Arrecifes destinados a la protección de la costa	Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas	Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas
C	Arrecifes destinados a la protección de ecosistemas (excluidos los de finalidad pesquera) <sup>1</sup>	Órgano competente en materia de Conservación de la Naturaleza de la Comunidad Autónoma correspondiente en concurrencia con la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente	Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.
D	Arrecifes con fines recreativos	Ministerio de Medio Ambiente	Ministerio de Medio Ambiente
E	Otros tipos de arrecifes	Órgano de la Comunidad Autónoma competente en la actividad objeto del arrecife, en aquellos casos en que estatutariamente se reconozca tal competencia. En el resto de los casos será el órgano sectorial competente de la Administración General del Estado	Con carácter general el Ministerio de Medio Ambiente y con carácter particular el órgano sectorial competente de la Administración General del Estado
F	Hundimiento de buques o plataformas marinas	Ministerio de Fomento. Autoridad Marítima	Ministerio de Fomento. Autoridad Marítima

El carácter concurrente al que se refiere la tabla en cuanto al órgano sustantivo en dos de los casos, se basa en el informe sobre las competencias de las distintas administraciones territoriales y órganos de la Administración General del Estado en materia de protección de hábitats y especies marinas y de declaración y gestión de áreas marinas protegidas emitido por el Consejo de Estado en julio de 2.006. En esencia, se reconoce la capacidad de declaración y gestión de áreas marinas protegidas a las CC.AA. sólo en aguas interiores, cuando haya continuidad ecológica tierra-mar. En los casos en que éstas puedan demostrar fehacientemente la continuidad ecológica tierra-aguas interiores-aguas exteriores, podrán hacer también propuestas de declaración, pero la doctrina general reserva a la Administración General del Estado la competencia para declarar zonas en aguas exteriores. Otro aspecto es la gestión, para la que se plantean diversas opciones que pasan por la concertación y participación de las diferentes administraciones involucradas en la materia en un órgano administrativo, Agencia, o grupo de concertación ad hoc.

Al margen del órgano sustantivo, responsable de otorgar la autorización de la instalación, el procedimiento requiere la participación de otros órganos, concretamente:



**a) En todos los casos**

- Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente: al objeto de otorgar la reserva de uso o concesión de ocupación de Bienes del Dominio Público Marítimo Terrestre.
- Capitanía Marítima correspondiente. Dirección General de la Marina Mercante del Ministerio de Fomento: al objeto de emisión de informe vinculante.
- Ministerio de Defensa: al objeto de emisión de informe vinculante.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: al objeto de emisión de informe vinculante.

**b) En caso de arrecifes promovidos en aguas exteriores**

- Instituto Español de Oceanografía: al objeto de emisión de informe previo.

**c) En caso de arrecifes promovidos en espacios protegidos<sup>2</sup>**

- Órgano responsable de la gestión del espacio protegido: al objeto de autorización.
- Órgano competente en materia de Conservación de la Naturaleza<sup>3</sup>: al objeto de informe vinculante.

**e) En caso de arrecifes formados a partir de estructuras en desuso**

- Órgano competente en materia de Residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente: al objeto de informe vinculante sobre descontaminación.

**f) En caso de arrecifes sometidos a Evaluación Ambiental<sup>4</sup>**

- Órgano competente en materia de Evaluación Ambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente si el órgano sustantivo pertenece a la Comunidad Autónoma (si hay continuidad ecológica de las aguas marítimas en relación con el medio terrestre protegido), al objeto de emitir la Declaración de Impacto Ambiental o resolver sobre la no necesidad del procedimiento.
- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente si el órgano sustantivo pertenece a la Administración General del Estado (si no hay continuidad ecológica de las aguas marítimas en relación con el

---

2 Como "espacio protegido" deben considerarse distintas figuras: espacios naturales protegidos en desarrollo de la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres y sus distintos desarrollos autonómicos, espacios incluidos en la Red Natura 2.000, espacios incluidos en redes de Áreas Marinas Protegidas de tratados internacionales y Reservas Marinas declaradas como tales por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el marco de sus competencias.

<sup>3</sup> El órgano responsable será la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, salvo en las situaciones descritas en el apartado 2.1. de la Parte I de la presente Guía, en base al Informe del Consejo de Estado sobre "LAS COMPETENCIAS DE LAS DISTINTAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES Y ÓRGANOS DE LA ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO EN MATERIA DE PROTECCIÓN DE HÁBITATS Y ESPECIES MARINAS Y DE DECLARACIÓN Y GESTIÓN DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS"

<sup>4</sup> Según lo descrito en el apartado relativo a este aspecto en el capítulo 2 "Marco Legal".

medio terrestre protegido), al objeto de emitir la Declaración de Impacto Ambiental o resolver sobre la no necesidad del procedimiento.

A continuación se describe el procedimiento general, así como las principales variantes para cada tipo de arrecife:

### **10.1.- PROCEDIMIENTO GENERAL**

El procedimiento general que a continuación se describe es de aplicación directa a todos los arrecifes, cualquiera que sea su finalidad, que cualquier Administración o colectivo pueda promover en el Dominio Público Marítimo Terrestre.

El procedimiento general será el establecido por el RD 1471/1989 por el que se aprueba el Reglamento General para el desarrollo y ejecución de la Ley de Costas, en su Título tercero, bajo la consideración en todos los casos de “instalaciones no desmontables”, razón por la que se requerirá el otorgamiento de concesión de ocupación del dominio público marítimo terrestre o de reserva de uso si el solicitante es un órgano de la Administración General del Estado.

Los correspondientes informes de la Capitanía Marítima<sup>5</sup>, el Ministerio de Defensa, el órgano competente en pesca (si se trata de aguas exteriores el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y si se trata de interiores el correspondiente de la Comunidad Autónoma), así como cualesquiera otros que, de acuerdo con la legislación estatal o autonómica, resulten preceptivos, serán recabados por la D.G. de Costas dentro de la tramitación de la solicitud de concesión (Art. 146 del RD 1471/1989). En el caso de que el promotor de la actuación sea un Organismo de la Administración Central del Estado será este el encargado de recabar los informes de otros organismos oficiales y de la información pública preceptiva.

En caso de que el arrecife se promueva en una zona integrada en un espacio comprendido en la Red Natura 2.000, en cumplimiento de lo establecido en el apartado 3 del Artículo 1 del R.D.L 1302/1986, según la redacción incluida en la Ley 9/2006, el proyecto debe ser sometido a consulta específica, al objeto de que el órgano ambiental competente determine la necesidad de realizar o no el Procedimiento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental. Esta decisión se basará en los criterios del anexo III de la Ley 6/2.001, tras el estudio del documento ambiental que deberá ser aportado por el promotor al efecto.

Este documento ambiental tendrá el contenido establecido en el apartado 5 del artículo 1 del R.D.L 1302/1986, según la redacción incluida en la Ley 9/2006, que dice:

*“La persona física o jurídica, pública o privada que se proponga realizar un proyecto de los comprendidos en el anexo II de este Real Decreto Legislativo, acompañará la solicitud de un documento ambiental del proyecto con al menos el siguiente contenido:*

*a) La definición, características y ubicación del proyecto.*

---

<sup>5</sup> En el caso de hundimientos de buques o plataformas marinas el papel del Ministerio de Fomento a través de la Capitanía Marítima correspondiente, pasa de ser el de un informador vinculante en el procedimiento, a la responsabilidad sustantiva y final de otorgar la autorización, tal y como establece el artículo 97.4, y se desarrolla en el 113.2. del Reglamento de Costas.

- b) Las principales alternativas estudiadas.*
- c) Un análisis de impactos potenciales en el medio ambiente.*
- d) Las medidas preventivas, correctoras o compensatorias para la adecuada protección del medio ambiente.*
- e) La forma de realizar el seguimiento que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el documento ambiental”.*

En el caso en que se resuelva acerca de la necesidad de someter el proyecto a Evaluación de Impacto Ambiental, se deberá proceder según se describe en el cuerpo normativo referido, siguiendo para la redacción del estudio de impacto ambiental las recomendaciones establecidas en el anejo IV de la presente Guía. Con respecto al resto del procedimiento será el establecido con carácter general en el RDL 1302/1986, con las modificaciones introducidas por las Leyes 6/2.001, 9/2006 y 27/2006.

Con independencia de que sea necesario someter el proyecto a evaluación ambiental o no, los planes o proyectos que se lleven a cabo en el entorno de áreas de la Red Natura 2000 y que puedan afectar de forma apreciable a los citados lugares, ya sea individualmente o en combinación con otros planes o proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar, que se realizará de acuerdo con las normas que sean de aplicación, de acuerdo con lo establecido en la legislación básica estatal y en las normas adicionales de protección dictadas por las Comunidades Autónomas, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar. El responsable de redactar el estudio es el promotor de la obra, y el órgano sustantivo responsable del proyecto, debe remitir este estudio al órgano competente en materia de conservación de la naturaleza, que emitirá la correspondiente Declaración de la Autoridad Responsable de Supervisar la Red Natura 2000.

El informe debe solicitarse en distintos momentos de la tramitación del proyecto en función de si están sometidos o no a procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental:

- Proyectos incluidos en el Anexo I de la Ley 6/2001: La solicitud de “Informe de no afección” para estos proyectos habrá de realizarse una vez cuenten con Declaración de Impacto Ambiental positiva.
- Proyectos incluidos en el Anexo II de la Ley 6/2001: La solicitud de “Informe de no afección” habrá de realizarse una vez el proyecto cuente con la Resolución emitida por parte del órgano ambiental competente, en el sentido de no considerarse necesario su sometimiento al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Si en dicha Resolución se considerara la necesidad de someterse a ese procedimiento, la solicitud habrá de realizarse una vez cuenten con Declaración de Impacto Ambiental positiva.
- Proyectos no incluidos en los Anexos I y II de la Ley 6/2001: La solicitud de “Informe de no afección” para estos proyectos puede solicitarse en cualquier momento de su tramitación, pero en todo caso, con carácter previo a la ejecución del proyecto.

Por todo lo anterior, cuando un proyecto de colocación de arrecife artificial pueda afectar a cualquier zona declarada como LIC o ZEPA, resultará imprescindible la realización de un estudio técnico que permita valorar sus efectos sobre la misma e incorporar dentro del procedimiento administrativo para su autorización el correspondiente informe emitido por el órgano ambiental competente.

En el caso en que el proyecto se pretenda desarrollar en un espacio sujeto a alguna figura de protección nacional o autonómica, será preceptivo, según lo dispuesto en el Plan de Uso y Gestión y en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del mismo, la autorización del órgano gestor del espacio.

En todo título de otorgamiento de la concesión se fijarán las condiciones pertinentes de acuerdo con el Art. 155 del RD 1471/1989 y se detallarán los estudios de seguimiento necesarios a desarrollar por parte del titular de la actuación. Tales estudios deberán ser remitidos a la D.G. de Costas a los efectos de comprobar que se cumplen las condiciones establecidas en el título concesional.

## **10.2.- VARIANTES SOBRE EL PROCEDIMIENTO GENERAL**

### **10.2.1.- Arrecifes con fines pesqueros en aguas exteriores**

Es el caso de arrecifes destinados a la conservación, protección y desarrollo de los recursos pesqueros, incluidos los de concentración-producción-atracción y los de protección de ecosistemas con fines de conservación de los recursos pesqueros.

Para el caso de proyectos de arrecife a instalar en aguas exteriores o que abarquen tanto aguas exteriores como interiores, el procedimiento a seguir será el establecido en los artículos 45 al 49 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la producción de sus productos.

En el caso de arrecifes a instalar en espacios que están declarados como reservas marinas de interés pesquero es también el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación el competente para iniciar y resolver la autorización.

El procedimiento pasa por dirigir la solicitud al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, siendo posible hacerlo directamente a la Secretaría General de Pesca Marítima o a la Subdelegación del Gobierno en la provincia de que se trate, incluyendo al menos, la documentación relativa al proyecto que se describe en la presente Guía, así como cualquier otra que el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación considere necesaria en cada caso<sup>6</sup>. El procedimiento es válido, tanto si se ha producido una declaración previa de zona protegida, tal y como establece el artículo 37 del R.D. 798/1995, como si no.

La Secretaría General de Pesca Marítima solicitará informe al Instituto Español de Oceanografía<sup>7</sup> e iniciará el trámite de solicitud de concesión<sup>8</sup> de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre ante la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente<sup>9</sup>, de acuerdo con el Procedimiento General descrito anteriormente, dentro

---

<sup>6</sup> Se recomienda en cada caso hacer una consulta informal previa a este organismo al objeto de clarificar el alcance, formato y forma de presentación.

<sup>7</sup> Este informe debe emitirse en un plazo máximo de un mes.

<sup>8</sup> Si es el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación quien realiza la tramitación, para la resolución de Reserva de Uso en cuyo caso debe incluir el informe preceptivo y vinculante del Ministerio de Medio Ambiente.

<sup>9</sup> Aunque en el modelo de autorización que se aprueba en la Orden de 28 de marzo de 2001 por la que se publica el modelo de autorización para la construcción de módulos y hundimiento de buques con casco de madera para su instalación como arrecifes artificiales en aguas exteriores, se contempla la necesidad por parte del titular de presentar el documento de concesión de ocupación de bienes de DPMT, esta solicitud debe ser

del que se recabarán informes de los Ministerios de Defensa y de Fomento en todos los casos. De forma preceptiva lo hará a la Comunidad Autónoma correspondiente en el caso en que se afecten además de aguas exteriores, aguas interiores. Complementariamente en todos los casos podrá realizar consultas a otros organismos: órgano competente en pesca de la Comunidad Autónoma, órgano competente en patrimonio histórico de la Comunidad Autónoma, órgano competente en medio ambiente de la Comunidad Autónoma y cualquier otro organismo, administración o entidad que pudiera tener algún interés en la materia<sup>10</sup>. Además, si se trata de arrecifes a instalar en Áreas Marinas Protegidas por tratados internacionales, Red Natura 2000 u otros espacios protegidos, se solicitará informe de la Dirección General para la Biodiversidad del MMA. El informe del Ministerio de Defensa será vinculante en todo caso. Las condiciones o cautelas expresadas en el informe de la Capitanía Marítima del Ministerio de Fomento también serán de obligada consideración y contempladas explícitamente en el condicionado de la autorización.

El proyecto, como mínimo, deberá contener la información mencionada en el capítulo 10 de la presente Guía, y, complementariamente, en el caso de arrecifes formados a partir de buques o estructuras en desuso, la documentación descrita en el anejo III *“Protocolo de Descontaminación y Acondicionamiento de Buques, Plataformas y otras Estructuras Marinas para la Creación de Arrecifes Artificiales”*.

En todos los casos, siguiendo lo dispuesto en el artículo 86 del R.D. 1471/1989, el proyecto se someterá a información pública, con independencia de las consultas realizadas directamente por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación o por la D.G. de Costas, al objeto de garantizar la participación en el procedimiento de todos aquellos colectivos o entidades que pudieran no haber sido invitados directamente a opinar.

No es previsible que este tipo de arrecifes puedan llegar a alterar la costa, y dado que no se trata de obras de ingeniería marítima con la finalidad de evitar la erosión, en principio, cabe descartar la necesidad de someterlos a procedimiento de evaluación ambiental debido a esta razón.

### **10.2.2.- Arrecifes con fines pesqueros en aguas interiores**

Se incluyen en este epígrafe la misma tipología de arrecifes que en el caso anterior, pero que se promuevan en aguas interiores.

Dada la concurrencia de la Administración General del Estado y de la Comunidad Autónoma de que se trate sobre el mismo medio físico en el ejercicio de títulos competenciales distintos, se estará a lo dispuesto en el artículo 150 del RD 1471/1989.

Básicamente el procedimiento general a seguir en estos casos es similar al establecido en el apartado anterior, con la salvedad de que el órgano sustantivo es el organismo competente en pesca marítima de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Para el caso de aguas interiores no resulta preceptivo el informe previo del Instituto Español de Oceanografía, cuya participación puede ser reemplazada, a juicio del órgano sustantivo, por los servicios técnicos de los que cada Comunidad Autónoma disponga al efecto.

---

tramitada a través del órgano sustantivo, por lo que no ha lugar que deba ser obtenida directamente por el promotor con anterioridad al inicio del trámite de autorización sustantiva.

<sup>10</sup> Estos informes deben emitirse en un plazo máximo de 45 días.

Asimismo, los informes preceptivos (Capitanía Marítima y Mº de Defensa) serán recabados por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

En los casos en que sea preceptivo someter el proyecto al procedimiento de evaluación ambiental, por algunas de las razones expuestas en el Procedimiento General, el órgano ambiental ante el que tramitar el expediente será el correspondiente de la Comunidad Autónoma que posea las competencias en materia de evaluación ambiental y medio ambiente.

En el caso de proyectos que afecten Lugares incluidos en la Red Natura 2.000, el informe al que se hace referencia en el Procedimiento General debe ser emitido por el órgano competente en conservación de la naturaleza.

### **10.2.3.- Arrecifes destinados a la protección de ecosistemas con fines distintos a los pesqueros**

Es el caso de aquellos arrecifes que tienen por finalidad la protección de ecosistemas sensibles y que se instalen con una finalidad puramente conservacionista o de gestión del medio natural, sin ninguna finalidad pesquera.

En estos casos el órgano sustantivo, o responsable de la actividad, es la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente en el caso de aguas marítimas sin continuidad ecológica respecto al medio terrestre protegido, y el órgano competente en materia de conservación de la naturaleza y medio ambiente de la Comunidad Autónoma que corresponda, en el caso de las aguas marítimas que tengan continuidad ecológica respecto al medio terrestre protegido.

Teniendo en cuenta el carácter de la actividad no es posible que el promotor o titular de la misma sea una entidad distinta al propio órgano sustantivo, por lo que la documentación técnica que debe acompañar la solicitud será aquella que el propio órgano considere necesaria: justificación de la necesidad, diseño, materiales y todos aquellos estudios que se consideren pertinentes al objeto del fin pretendido. En todo caso, resultará imprescindible que los proyectos incorporen, como mínimo, la información que se describe en el capítulo 10 de la presente Guía.

El procedimiento de concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre debe ser abordado tal y como se describe en el procedimiento general. De la misma forma, los supuestos que obliguen a acometer el procedimiento de evaluación ambiental o a elevar la consulta al órgano ambiental obligan a un tratamiento análogo. Igualmente en el caso de los proyectos que afecten a espacios protegidos o espacios incluidos en la Red Natura 2.000 o en redes de Áreas Marinas Protegidas por tratados internacionales, deberá procederse idénticamente.

#### **10.2.4.- Arrecifes que actúan sobre el medio físico: destinados a la protección de la costa, creación de zonas de baño, zonas aptas para actividades deportivas u otros.**

Las competencias en materia de gestión del dominio público marítimo terrestre son exclusivas del Ministerio de Medio Ambiente, que las ejerce a través de la Dirección General de Costas. En este marco, la promoción de aquellos arrecifes artificiales que tienen por finalidad actuar sobre la costa de alguna forma: espigones exentos, escolleras de protección, etc., es exclusiva de la Dirección General de Costas.

En estos casos el procedimiento a seguir es el comúnmente utilizado para las obras costeras, que queda definido en los artículos 85 a 100 del Real Decreto 1471/1989. No es necesario ningún procedimiento de concesión de ocupación, pues la titularidad y la explotación o gestión del elemento infraestructural a crear sigue siendo del Ministerio de Medio Ambiente. No obstante el trámite de información pública sigue siendo preceptivo tal y como se explicita en los artículos 86 y 97 del Reglamento de Costas.

Los informes del Ministerio de Defensa, Capitanía Marítima, el órgano competente en pesca marítima en aguas interiores de la comunidad autónoma, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el caso de aguas exteriores, así como de otros organismos con competencias sectoriales o intereses legítimos en la zona, deben ser solicitados en la fase de consultas tal y como se recoge en el Reglamento de Costas.

En relación con los proyectos sometidos a evaluación ambiental, o los que afecten a espacios protegidos o espacios comprendidos en la Red Natura 2.000 o en redes de Áreas Marinas Protegidas de tratados internacionales, se deberá proceder tal y como se especifica en el procedimiento general.

#### **10.2.5.- Arrecifes como biofiltros para acuicultura y como soporte para maricultura**

Sobre el procedimiento general, la única consideración a realizar es que estos proyectos deben ser autorizados en el contexto, y como parte integrante, del proyecto global de instalación acuícola que debe ser autorizada sustantivamente por el órgano competente en la materia en cada caso.

Esta circunstancia viene expresamente contemplada en el Art. 150 del RD 1471/1989 en el que se establece el procedimiento para el otorgamiento de concesiones competencia de las Comunidades Autónomas y que necesitan, además, la concesión de ocupación por parte de la D.G. de Costas.

El resto del procedimiento será análogo al general.

#### **10.2.6.- Arrecifes con fines recreativos, científicos, educativos y otros tipos**

En estos casos, el procedimiento general de solicitud de autorización se unifica con el de solicitud de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre.

El contenido de la documentación a aportar, sin menoscabo de la exigida en el Reglamento de Costas, será la que se describe en el capítulo 10 de la presente Guía.

En relación con los proyectos sometidos a evaluación ambiental, o los que afecten a espacios protegidos o espacios comprendidos en la Red Natura 2.000 o de redes de Áreas Marinas Protegidas de tratados internacionales, se deberá proceder tal y como se especifica en el procedimiento general.

En el caso de que se pretenda utilizar una estructura en desuso para esta finalidad, la petición de autorización deberá incluir un proyecto de descontaminación conforme a lo dispuesto en el anejo III de esta Guía, que implica el concurso del órgano competente en materia de residuos de la Comunidad Autónoma donde se llevará a cabo el proceso de descontaminación, mediante la emisión de los certificados oportunos que garanticen que el proceso de descontaminación se ha realizado de manera adecuada. Dado que el proceso de descontaminación se realizará generalmente con posterioridad a la autorización, el condicionado de la misma incluirá la obligación de llevarlo a efecto y su acreditación con carácter previo antes de efectuar el hundimiento.

## **11.- DIRECTRICES DEL PROGRAMA DE SEGUIMIENTO**

Todo arrecife artificial debe contener un programa de seguimiento, cuyo diseño debe estar desarrollado y por tanto debe incluirse a nivel de proyecto, y cuya ejecución comenzará en la fase de colocación y se mantendrá a lo largo de toda la vida del arrecife.

Este seguimiento tiene dos finalidades, por una parte se debe abordar un seguimiento de la eficacia, atendiendo a los objetivos de funcionalidad que se tomaron en consideración en su planteamiento inicial y diseño; por otra, se deberá abordar un seguimiento ambiental, entendido como la comprobación de los efectos positivos y negativos que el arrecife está realmente generando sobre el medio ambiente. En el caso en que el arrecife hubiera estado sujeto a procedimiento de evaluación ambiental, este seguimiento se integrará dentro del Programa de Vigilancia Ambiental que preceptivamente debe formar parte del estudio de impacto y la propia Declaración de Impacto Ambiental. En caso contrario, también resultará preceptiva la realización de un seguimiento ambiental, que formará parte del condicionado del título de concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre.

En el presente apartado se desarrolla con mayor detalle el contenido de los trabajos de seguimiento tendentes a evaluar la eficacia del arrecife de acuerdo con sus objetivos, mientras que aquellos otros encaminados a valorar la incidencia de la instalación sobre el medio receptor, la operativa y el desmantelamiento del arrecife, y que forman parte del estudio de impacto ambiental, se tratan en el Anejo 4 del presente documento.

### **11.1.- SEGUIMIENTO DE LA EFICACIA**

Un espacio ordenado con un arrecife artificial es un área que es necesario mantener adecuadamente y, eventualmente, proceder a determinadas reparaciones en las estructuras.

Para evaluar de manera adecuada la eficacia del arrecife se valorarán las estadísticas de los principales parámetros indicadores de funcionalidad (número de capturas pesqueras; número de visitantes; aumento o reducción del número de barcos arrastreros que faenan ilegalmente, etc.) en función de los objetivos perseguidos por el mismo.



Los estudios de seguimiento se deben centrar en la consecución de los objetivos programados, utilizando el método científico de responder de manera concreta a cada objetivo cuantificable planteado. Son estos objetivos cuantificables, planteados antes de la instalación del arrecife, los que deben estar bien formulados para poder concluir si los objetivos generales han sido o no alcanzados y si, en definitiva, el arrecife cumple con su finalidad. Por tanto, es necesario fijar tales objetivos cuantificables y los indicadores que servirán para su cuantificación en el momento del diseño del arrecife, a efectos de poder utilizarlos en el programa de seguimiento.

Dentro de este contexto, el seguimiento se puede dividir en dos procedimientos diferenciados, por un lado, el consistente en la comprobación de su estabilidad y por otro, el relacionado con la evaluación del cumplimiento de los objetivos particulares previos planteados para cada tipo de arrecife.

Además, se realizará un procedimiento para evaluar el posible impacto negativo de la instalación sobre los ecosistemas existentes con anterioridad a su instalación.

Una vez verificada la estabilidad del arrecife, para comprobar la eficacia de cada tipo, en función de su finalidad, hay que establecer de forma previa a su instalación, una serie de objetivos particulares cuantificables. Posteriormente, las labores de seguimiento se centrarán en la realización de mediciones y análisis que sirvan para comprobar el grado de ajuste respecto al proyecto.

#### **11.1.1.- Seguimiento de la estabilidad del arrecife (movimiento, hundimiento e integridad estructural)**

Para comprobar si el arrecife ha sufrido hundimiento o se ha desplazado se requiere el uso de medios de prospección como, entre otros, el sonar de barrido lateral, determinándose así su posición y altura sobre el fondo, mientras que para conocer la integridad estructural del mismo, será necesaria una inspección visual (mediante inmersión o filmación submarina remota) y realizar comprobaciones in situ. La frecuencia mínima recomendada de estas labores es la siguiente:

- Una primera prospección con SBL, sobre los polígonos de instalación, nada mas terminada su instalación antes de transcurridos dos meses para comprobar la calidad de la instalación,
- Una segunda prospección entre el segundo y tercer año tras su instalación en la totalidad del área ordenada o de actuación con el fin de comprobar además de la conservación de la posición y calidad funcional de las estructuras, los posibles efectos sobre el entorno, positivos o negativos, detectables con este sistema.
- Una tercera prospección en el último año del periodo de 5 años sobre las instalaciones para comprobar finalmente el mantenimiento de su posición, su calidad funcional y en su caso realizar las propuestas de mantenimiento, refuerzo o reubicación de unidades.
- A partir del quinto año puede pasarse a una periodicidad bianual o trianual.

En cualquier caso, el objetivo más importante de este seguimiento es verificar que no se haya producido el desplazamiento de los módulos y, en el caso en que se haya producido un vuelco, una modificación de la orientación o la pérdida de su integridad, comprobar si su funcionalidad ha podido quedar comprometida.

Por otra parte, es imprescindible en todos los casos, pero especialmente en aquellos constituidos por materiales reciclados y buques hundidos, hacer un seguimiento de la

degradación natural de las estructuras, las roturas, fraccionamientos, erosiones y desgastes que hayan podido sufrir, evaluando si el impacto que esta degradación está provocando sobre el medio es aceptable, tal y como se previó a nivel de proyecto, o debe ser reconsiderado.

### **11.1.2.- Seguimiento de la eficacia en función del tipo de arrecife**

A continuación se establecen posibles indicadores cuantificables para el seguimiento de la funcionalidad de cada tipo de arrecife, así como la metodología recomendable para la comprobación del cumplimiento de cada uno de estos objetivos.

#### **11.1.2.1.- Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre el medio físico**

Estos arrecifes pueden tener la finalidad de proteger la costa, las infraestructuras y las zonas de fondeo, del oleaje incidente; la mejora de las zonas de baño y la protección de playas mediante la modificación del transporte sedimentario, o bien, mejorar las condiciones de oleaje para la práctica de determinados deportes como el surf.

#### *Indicadores:*

- Un indicador puede ser que no se supere un determinado valor de altura de ola, que vendrá definida por la máxima altura de ola admisible para garantizar la integridad de los elementos a proteger o para garantizar la seguridad y el confort de las embarcaciones fondeadas. En el caso de los arrecifes destinados a la práctica del surf este mismo indicador, puede ser válido en sentido contrario.
- Otro indicador útil puede ser la tasa de crecimiento o mantenimiento de la playa o un área determinada, transcurrido un periodo de tiempo concreto.

#### *Método:*

Para cuantificar el primero de los indicadores bastará con comprobar a lo largo de, al menos, un ciclo anual completo, si se supera la altura de ola máxima establecida. La instalación de boyas oceanográficas además de costosa es muy compleja en determinadas zonas próximas a costa, por lo que se recomienda recurrir al desarrollo de varias campañas de duración limitada a lo largo del ciclo anual, con equipos portátiles de medición de oleaje.

En el segundo de los casos el límite inferior de crecimiento de la playa se determinará mediante análisis topobatimétrico transcurrido el periodo establecido o mediante el uso de fotografía aérea.

#### 11.1.2.2.- Arrecifes artificiales destinados a actuar sobre la biota

##### **Arrecifes artificiales de protección**

Estos arrecifes tienen como finalidad proteger los recursos pesqueros de determinadas artes de pesca, principalmente, las de arrastre.

##### *Indicadores:*

- El indicador principal puede ser la reducción en un porcentaje determinado del número de embarcaciones que faenan con las artes de pesca de las cuales se quiere proteger la zona donde hemos ubicado el arrecife. La dificultad en el seguimiento de este objetivo radica en que es necesario un muestreo casi continuo si se quiere obtener una buena representatividad del seguimiento.
- Por otro lado, también se puede plantear como objetivo la reducción de las marcas de arrastre sobre la zona y la propia comprobación de la evaluación de daños en el ecosistema que se pretende proteger.

##### *Método:*

Para el primero de los casos se plantea la realización de muestreos in situ en periodos representativos y a las horas de faena de las embarcaciones pesqueras objeto de la restricción.

Para el segundo de los casos resultará necesaria la utilización de técnicas de prospección geofísica, como el sonar de barrido lateral, para verificar la ausencia de marcas de arrastre.

En ambos casos, para determinar el grado de eficacia los resultados obtenidos deben ser comparados con los valores preoperacionales de las variables analizadas.

##### **Arrecifes artificiales de producción**

Estos arrecifes tienen como finalidad aumentar la productividad pesquera del entorno inmediato.

##### *Indicadores:*

- Como indicador se plantea el aumento a lo largo de un tiempo y porcentaje determinado de los valores de ciertos indicadores de la productividad del arrecife (diversidad, biomasa, cobertura, etc.).
- Por otro lado, se puede plantear como indicador cuantificable el aumento de un porcentaje determinado de las capturas realizadas por la flota pesquera de la zona.

##### *Método:*

En los estudios posteriores a la implantación de estos arrecifes se debe hacer un seguimiento de la diversidad de organismos asociados, incluyendo las especies de interés comercial, y de la estructura espacial de las poblaciones ligadas al biotopo. Estas variables son cuantificables mediante el empleo de técnicas usuales de muestreo, caracterización y cuantificación de la biota bentónica en inmersión. La previa disposición en los módulos, de

superficies desmontables instaladas para la monitorización, facilitará enormemente los trabajos de seguimiento.

Para el seguimiento de las capturas de la flota pesquera será necesario partir de los datos medios anuales de captura preoperacionales y compararlos con los datos anuales de captura durante la fase operativa del arrecife. Los datos de captura se centrarán sobre aquellas especies objeto.



Figura 24. Labores de seguimiento de un arrecife de producción

### **Arrecifes artificiales de concentración o atracción**

La finalidad de estos arrecifes está encaminada a la atracción o concentración de determinadas especies (principalmente ictiológicas), que buscan cobijo, alimento o relaciones intra e interespecíficas en dicho arrecife.

#### *Indicadores:*

- Como indicador se plantea la presencia en número y tamaño determinado, de individuos pertenecientes las especies objeto de la concentración o atracción.
- Por otro lado se puede plantear como indicador, el aumento de un porcentaje determinado del volumen de las capturas realizadas por la flota pesquera de la zona.

#### *Método:*

Para cuantificar la presencia de estas especies se recomienda la realización de censos in situ en inmersión, de las especies objeto, anotando el número y talla de los individuos observados.

Para el seguimiento de las capturas de la flota pesquera será necesario partir de los datos medios anuales de captura preoperacionales y compararlos con los datos anuales de captura durante la fase operativa del arrecife. Los datos de captura se centrarán sobre aquellas especies objeto de la concentración.

### **Arrecifes artificiales como biofiltros para las jaulas de acuicultura**

La finalidad de estos arrecifes es la de retirar del medio receptor gran parte de la carga orgánica procedente de los procesos biológicos derivados de las jaulas de cultivo, evitando así la eutrofización de la zona.

#### *Indicadores:*

- Como indicador cuantificable se puede plantear no superar un determinado límite de concentración en agua de las sustancias procedentes de las jaulas, que se establecerá en función de los valores de referencia preoperacionales.
- Por otro lado, también se puede plantear como indicador cuantificable, no superar un determinado límite de concentración para las sustancias procedentes de las jaulas, en los sedimentos anexos. Este límite también se establecerá en función de los valores de referencia preoperacionales.

#### *Método:*

Para calcular la concentración en el medio, de las sustancias procedentes de los procesos biológicos de las jaulas, se recomienda la metodología establecida en el punto referente al programa de vigilancia ambiental del anejo 4 para las variables agua y sedimentos.

En ambos casos es necesario conocer los valores preoperacionales de las variables analizadas para determinar el grado de eficacia.

### **Arrecifes artificiales para el desarrollo de la maricultura**

La finalidad de estos arrecifes es la de suministrar sustrato para el cultivo de algas o moluscos.

#### *Indicadores:*

- Como indicador cuantificable se puede plantear la consecución de una cobertura determinada, que ofrecen sobre el arrecife las especies objeto de recolección, trascurrido un periodo de tiempo estimado.

#### *Método:*

La metodología de muestreo que se recomienda es la determinación in situ mediante inmersión, comprobando la cobertura vegetal o animal presente sobre el arrecife. Las medidas de cobertura se deben realizar con calicatas de 50 x 50 cm. y en un número de réplicas suficiente para que sean representativas del área total de cultivo del arrecife. La fijación de estas calicatas o marcos de seguimiento en el momento del fondeo facilitará los trabajos de seguimiento posteriores.

### **Arrecifes artificiales con el objetivo de incrementar la productividad de un ecosistema**

Su finalidad no es otra que mejorar la calidad ecológica del medio mediante el aumento de la productividad de éste, por lo tanto, tienen un fin puramente ecológico y deben ser diferenciados de los de finalidad pesquera descritos anteriormente.

### *Indicadores*

- Como indicador se propone el aumento a lo largo de un tiempo y porcentaje determinado de los valores de ciertos indicadores de la productividad del arrecife (diversidad, biomasa, cobertura, etc.).

### *Método:*

En los estudios posteriores a la implantación de estos arrecifes se debe realizar un seguimiento de la diversidad de organismos asociados, incluyendo las especies de interés comercial, y de la estructura espacial de las poblaciones ligadas al biotopo. Estas variables son cuantificables mediante el empleo de técnicas usuales de muestro de la biota bentónica en inmersión. Las técnicas de análisis de fotografía en color a partir de los porcentajes de cobertura de los bioindicadores principales representativos de la biocenosis, se consideran más adecuadas por ser menos agresivas que las técnicas tradicionales de muestreo mediante raspado y calicata, aunque deben ser los responsables del seguimiento científico en cada caso, los que opten por una metodología u otra en función de los objetivos específicos propuestos. En un caso u otro, se recomienda la preinstalación de marcos o calicatas de trabajo en el momento del fondeo.

### **Arrecifes artificiales con el objetivo de recuperar ecosistemas degradados**

Su finalidad no es otra que mejorar la calidad de los ecosistemas degradados sirviendo como base para el asentamiento de las especies que componen dichos ecosistemas (en nuestras costas se emplearían para la recuperación de las biocenosis de precoralígeno y coralígeno fundamentalmente).

### *Indicadores:*

- Como indicador se puede plantear la consecución de una cobertura determinada sobre el arrecife de las principales especies pertenecientes a los ecosistemas a recuperar, transcurrido un periodo de tiempo estimado.
- Por otro lado también se puede plantear como objetivo cuantificable el aumento a lo largo de un tiempo y porcentaje determinado, de los valores de ciertos indicadores de la calidad biológica de las comunidades asentadas (diversidad, biomasa, cobertura, etc.).

### *Método:*

La metodología de muestro que se recomienda es el muestreo in situ mediante inmersión comprobando la cobertura vegetal o animal presente sobre el arrecife. Las medidas de cobertura se pueden realizar con técnicas de análisis de imagen o con calicatas de 25 x 25 cm. y en un número de réplicas suficiente para que sean representativas de la superficie total que ofrece el arrecife.

En los estudios posteriores a la implantación de estos arrecifes se hace un seguimiento de la diversidad de organismos asociados y de la estructura espacial de las poblaciones ligadas al biotopo. Estas variables son cuantificables mediante el empleo de técnicas usuales de muestro de la biota bentónica en inmersión.

### **Arrecifes artificiales con el objetivo de generar nuevos ecosistemas**

Su finalidad se basa en la generación de biocenosis de sustrato rocoso sobre comunidades de menor valor ecológico (normalmente de sustrato sedimentario).

#### *Indicadores:*

- Un indicador útil puede ser la determinación de la presencia-ausencia, en un periodo de tiempo determinado, de las comunidades que se pretenden generar. Este tiempo variará en función del grado de la complejidad que presenten las comunidades rocosas a generar.
- Por otro lado, también se puede plantear como objetivo cuantificable un determinado grado de desarrollo de la comunidad, trascurrido un periodo de tiempo concreto. El grado de desarrollo vendrá definido principalmente por un lado, por la diversidad y biomasa de las comunidades bentónicas y por otro, por la cobertura que ofrecen sobre el arrecife.

#### *Método:*

La ausencia-presencia de la comunidad a generar se verificará mediante observaciones in situ en inmersión.

El grado de desarrollo de la comunidad se establecerá, por un lado, midiendo la cobertura que ofrecen los organismos bentónicos y por otro, tomando muestras de éstos para el cálculo de la diversidad y la biomasa que albergan.

#### 11.1.2.3.- Arrecifes artificiales destinados a otros usos

El fin de estos arrecifes es fomentar determinadas actividades recreativas o científicas como la pesca o el buceo.

#### *Indicadores:*

- Los indicadores dependerán del tipo de actividad a fomentar, pero en general, se basarán en establecer un número determinado de visitas al arrecife en un periodo de tiempo determinado.

#### *Método:*

Cuantificar el número de visitas que recibe un arrecife de estas características de forma exacta es complicado debido a que parte de estas visitas serán realizadas por particulares, con total independencia, salvo en los casos en que las entidades que gestionen la explotación del propio arrecife pudieran establecer mecanismos de control, algo difícilmente aceptable en las condiciones en que se pueden otorgar por el Ministerio de Medio Ambiente los títulos concesionales de ocupación. Por ejemplo, el acceso a buques hundidos por parte de buceadores o pescadores recreativos no siempre se hará desde clubes de buceo o de pesca de la zona. Es por esto que la valoración del número de visitas sólo podrá basarse en los datos facilitados por este tipo de entidades aportando exclusivamente una percepción aproximada del incremento de la actividad. Como medida complementaria se recomienda la realización de encuestas a los sectores implicados.

En la siguiente tabla se resumen los posibles objetivos cuantificables establecidos para cada tipo de arrecife y los valores de referencia para comprobar a través del programa de seguimiento la eficacia de cada uno de ellos.

Tipo de Arrecife	Objetivo	Valores de referencia	Eficacia				
			Completa	Alta	Media	Baja	
Actúan sobre el Medio Físico	Reducir el hidrodinamismo en una zona determinada	Altura de oleaje comprendida en un rango determinado en un tiempo concreto	Altura de oleaje comprendida en el rango establecido	100-75% del tiempo de control no se supera la altura máxima	75-50% del tiempo de control no se supera la altura máxima	50-25% del tiempo de control no se supera la altura máxima	25-0% del tiempo de control no se supera la altura máxima
	Generación, mantenimiento o crecimiento de playas	Área prevista de ocupación de la playa trascurrido un tiempo determinado	Área generada = Área prevista	Área generada es entre el 100 y el 75% < Área prevista	Área generada es entre el 75 y el 50% < Área prevista	Área generada es entre el 50 y el 25% < Área prevista	Área generada es entre el 25 y el 0% < Área prevista
Actúan sobre el Medio Biótico	Protección	Reducción del número de embarcaciones que faenan en la zona	Ausencia de embarcaciones	Reducción del 100-75%	Reducción del 75-50%	Reducción del 50-25%	Reducción del 25-0%
	Evitar la actividad pesquera de arrastre en la zona	Reducción del número de marcas de arrastre	Ausencia de marcas	Reducción del 100-75%	Reducción del 75-50%	Reducción del 50-25%	Reducción del 25-0%
Producción	Aumentar la producción de los recursos pesqueros	Aumento de la biomasa y diversidad del recurso hasta un valor determinado	Aumento por encima del valor establecido	Aumento comprendido entre el 100-75% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 75-50% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 50-25% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 25-0% del valor establecido
	Aumento del volumen de las capturas hasta un valor determinado	Aumento de individuos objeto de la concentración/atracción hasta un número determinado	Aumento por encima del valor establecido	Aumento comprendido entre el 100-75% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 75-50% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 50-25% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 25-0% del valor establecido
Biofiltros	Concentrar o Atracción	Aumento del volumen de las capturas hasta un valor determinado	Aumento por encima del valor establecido	Aumento comprendido entre el 100-75% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 75-50% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 50-25% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 25-0% del valor establecido
	Retira del medio de los contaminantes procedentes de las jaulas	Concentración límite del contaminante en agua	No se supera el valor límite	Concentración cercana al valor límite	Concentración comprendida entre el valor límite y el valor preoperacional	Concentración cercana al valor preoperacional	Misma concentración que en el estado preoperacional



Tipo de Arrecife	Objetivo	Valores de referencia	Eficacia				
			Completa	Alta	Media	Baja	Nula
		Concentración límite del contaminante en sedimentos	No se supera el valor límite	Concentración cercana al valor límite	Concentración comprendida entre el valor límite y el valor preoperacional	Concentración cercana al valor preoperacional	Misma concentración que en el estado preoperacional
	Maricultura	% de cobertura de las especies objeto de cultivo	Cobertura completa	Entre 100-75%	Entre 75-50%	Entre 50-25%	Entre 25-0%
	Productividad	Aumento de la biomasa y diversidad del ecosistema hasta un valor determinado	Aumento por encima del valor establecido	Aumento comprendido entre el 100-75% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 75-50% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 50-25% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 25-0% del valor establecido
Ecológicos		Aumento de la biomasa y diversidad del ecosistema hasta un valor determinado	Aumento por encima del valor establecido	Aumento comprendido entre el 100-75% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 75-50% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 50-25% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 25-0% del valor establecido
	Recuperación ambiental de un ecosistema degradado	% de cobertura de las especies representativas del ecosistema	Cobertura completa	Entre 100-75%	Entre 75-50%	Entre 50-25%	Entre 25-0%
		Presencia-Ausencia la biocenosis	Presencia en todas las estructuras	Presencia en el 100-75% de la estructura	Presencia en el 75-50% de las estructuras	Presencia en el 50-25% de la estructuras	Ausencia en todas las estructuras
Destinados a otros usos	Nuevos ecosistemas	Aumento de la biomasa y diversidad del ecosistema hasta un valor determinado	Aumento por encima del valor establecido	Aumento comprendido entre el 100-75% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 75-50% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 50-25% del valor establecido	Aumento comprendido entre el 25-0% del valor establecido
		Número previsto de visitas	Nº de visitas por encima del valor establecido	Nº de visitas comprendidas entre el 100-75% del valor establecido	Nº de visitas comprendidas entre el 75-50% del valor establecido	Nº de visitas comprendidas entre el 50-25% del valor establecido	Nº de visitas comprendidas entre el 25-0% del valor establecido

## 11.2.- SEGUIMIENTO AMBIENTAL

A los efectos de evaluar las repercusiones ambientales de las operaciones de colocación, el seguimiento se define como la medición repetida de un efecto, ya sea directo o indirecto, sobre el medio marino y/o interferencias con otros usos legítimos del mar.

El programa de seguimiento debe tener por objeto establecer y evaluar las repercusiones ambientales y/o los conflictos del arrecife artificial con otros usos legítimos de la zona marítima o partes de ella. En función del resultado de ese seguimiento, puede ser necesario realizar alteraciones en la estructura o considerar la conveniencia de su retirada. En el caso de colocaciones que requieren períodos largos de tiempo (años), el seguimiento debe iniciarse simultáneamente a la construcción, para optimizar caso de resultar necesario, el diseño de los módulos o su disposición sobre el fondo.

Para llevar a cabo el programa de seguimiento de una manera eficaz en función de los recursos, es fundamental que los objetivos del programa estén claramente definidos. Las observaciones de seguimiento exigidas en el lugar de colocación deben corresponder a dos categorías básicas:

- Las investigaciones realizadas antes de la colocación y destinadas a contribuir a la selección del lugar o a confirmar que el lugar elegido es adecuado; y
- Estudios posteriores a la colocación destinados a verificar que:
  - Las condiciones de la autorización se han cumplido; este proceso se designa como *seguimiento de cumplimiento*; y
  - Las hipótesis realizadas durante la emisión de la autorización y los procesos de elección del emplazamiento son válidas y adecuadas para evitar efectos ambientales adversos como consecuencia de la colocación; este proceso se describe como un seguimiento sobre el terreno, y los resultados de esos exámenes deben servir de base para modificar los criterios de emisión de nuevas autorizaciones para futuras operaciones de colocación en sitios de colocación existentes y propuestos.

El objetivo último del seguimiento es evaluar los efectos de la actividad de colocación en el entorno biótico y abiótico.

El control de calidad se define como las técnicas y actividades operativas que se utilizan para cumplir los requisitos relativos a la calidad. Entre éstos cabe mencionar los criterios del seguimiento y las Directrices, los métodos de muestreo, las localizaciones y frecuencias de las muestras, y los procedimientos de presentación de informes.

Antes de que se elabore y aplique cualquier programa de seguimiento, habrá que tener en cuenta las siguientes cuestiones relacionadas con el control de la calidad:

- ¿Qué hipótesis verificables se pueden derivar de la hipótesis relativa a la repercusión?
- ¿Qué parámetros son los más adecuados para verificar tales hipótesis?
- ¿Qué grado de exactitud debe tener la medición?
- ¿Cuál es el objetivo del seguimiento de una variable particular o de un efecto físico, químico o biológico?

- ¿En qué compartimentos y en qué localidades se pueden efectuar mediciones con mayor eficacia?
- ¿Durante cuánto tiempo se deben efectuar las mediciones para alcanzar los objetivos definidos?
- ¿Con qué frecuencia se deben llevar a cabo las mediciones?
- ¿Cuál debe ser la escala temporal y espacial de las mediciones para verificar las hipótesis relativas al impacto?
- ¿Cómo se deben gestionar e interpretar los datos procedentes del programa de seguimiento?

Las observaciones de seguimiento se refieren normalmente a las características físicas, químicas y biológicas del emplazamiento.

- Las observaciones físicas consisten en estudios hidrológicos de las propiedades de la masa de agua, como la temperatura, la salinidad y la densidad, en toda la columna de agua y extendidas horizontalmente a toda la zona que puede verse afectada por la colocación de materiales.
- Las observaciones químicas realizadas en el lugar de la colocación y en torno a él tienen que estar relacionadas con el tipo de material de que se trate. Para el caso concreto de utilización de estructuras en desuso, y considerando que en ningún caso puede garantizarse la eliminación de todo el material potencialmente contaminante antes de la colocación y cabe, por consiguiente, esperar que se produzcan efectos químicos, es preciso realizar análisis adecuados en la microcapa de superficie del mar, que constituye una zona biológica extremadamente activa en la que tienden a acumularse un amplio conjunto de sustancias químicas, como los metales pesados y las sustancias liposolubles. Es preciso igualmente realizar observaciones químicas en el mar donde, aunque no estén presentes en los materiales colocados en cantidades o concentraciones importantes, pueden acumularse, debido a su carácter persistente, sea en el lecho del mar o en comunidades bénticas en las proximidades del lugar de colocación. Para el caso de módulos construidos específicamente para tal fin con materiales inertes (p. ej. hormigón), puede no resultar necesario ningún tipo de seguimiento químico.
- La frecuencia de las observaciones biológicas debe reflejar la escala de la operación de colocación y el grado de peligro para los recursos potenciales. Cuando se espera que se produzcan efectos físicos en el lecho del mar, puede ser necesario realizar una evaluación de la biomasa y la productividad del fitoplancton y el zooplancton antes de la colocación, para tener una visión general de la zona. Las observaciones del plancton inmediatamente después de la colocación pueden contribuir a determinar si se han producido efectos graves. El seguimiento de la flora y fauna béntica y epibéntica es probablemente lo más aconsejable, ya que tienden a estar sometidas no sólo a la influencia de la columna de agua situada encima y de cualesquiera cambios que se produzcan en ella, sino también a cambios en los materiales geológicos inertes e inorgánicos utilizados en el arrecife.

El seguimiento con posterioridad a la colocación debe tener por objeto determinar:

- si la zona de repercusión difiere de la zona inicialmente prevista; y
- si la amplitud de los efectos difiere de la inicialmente prevista en la hipótesis de impacto.

El primer aspecto se puede determinar mediante la designación de una secuencia de mediciones en el espacio y el tiempo, con miras a lograr que la escala espacial proyectada de cambio no se exceda. El segundo aspecto puede determinarse por medio de mediciones

que aporten información sobre el grado del cambio producido fuera de la zona de repercusión, como resultado de la operación de colocación. Estas mediciones se basan a menudo en una hipótesis nula, es decir, cuando no cabe detectar ningún cambio importante. La extensión espacial de la muestra depende de la dimensión de la zona designada para la colocación. Sin embargo, es necesario tener presente que determinadas variaciones a largo plazo pueden responder a causas puramente naturales, resultando difícil distinguirlas de los cambios inducidos artificialmente, en particular, en relación con las poblaciones de organismos. Para resolver tal incertidumbre es recomendable que el programa de seguimiento incluya también estaciones de referencia, situadas en una zona cercana, con las mismas características que la de la zona de colocación, pero a la suficiente distancia como para poder descartarse cualquier influencia.

Cuando se considere que los efectos son únicamente de tipo físico, el seguimiento se puede basar en métodos remotos (p. ej., mediciones acústicas, sonar de barrido lateral o inspecciones mediante video remoto). No obstante, siempre resultarán necesarias mediciones sobre el terreno para la correcta interpretación de las imágenes de detección remota.

Se deben preparar informes concisos sobre las actividades de seguimiento y ponerlos a disposición de la autoridad que emitió el permiso de instalación, así como de cualquier otro organismo competente en la materia. Dichos informes deben indicar de manera pormenorizada las mediciones efectuadas, los resultados obtenidos y la manera en que esos datos están relacionados con los objetivos del seguimiento y confirman la hipótesis relativa al impacto. La frecuencia de la presentación de informes dependerá de la escala de la operación de colocación, la intensidad del seguimiento y los resultados obtenidos.

La garantía de la calidad se puede definir como todas las actividades planificadas y sistemáticas realizadas para suministrar una confirmación adecuada de que las actividades del seguimiento están cumpliendo todas las prescripciones relativas a la calidad.

Los resultados de las actividades de seguimiento se deben revisar a intervalos regulares en relación con los objetivos para que puedan servir de base para:

- modificar o concluir el programa de seguimiento sobre el terreno;
- modificar o revocar el permiso de colocación;
- redeterminar o cerrar el sitio de colocación; y
- modificar la base para evaluar el permiso de colocación.

En el anexo IV se proponen una serie de pautas metodológicas para llevar a cabo este seguimiento.

## **12.- DESMANTELAMIENTO DEL ARRECIFE**

En determinadas ocasiones, cuando los estudios de seguimiento pongan de manifiesto que la eficacia del arrecife es nula o escasa de acuerdo con los fines perseguidos, o cuando se demuestre la existencia de efectos negativos no identificados en el proyecto, puede resultar necesario proceder al desmantelamiento y retirada de las estructuras fondeadas. Tal circunstancia puede resultar también necesaria en casos de sobrevenir razones imperiosas de interés público de primer orden. Llegado tal caso, el desmontaje y retirada de las estructuras que conforman el arrecife entraña una dificultad superior a la del montaje, más aún en el caso de la utilización de embarcaciones u otras estructuras en desuso, cuya

retirada puede resultar muy difícil. En función de la batimetría del fondo, de la profundidad a la que hayan sido depositados, y del tipo de arrecife, el desmantelamiento ofrecerá una mayor o menor complejidad.

### **12.1.- PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DESMANTELAMIENTO**

De manera similar al procedimiento para la instalación de las estructuras arrecifales, en el proyecto de desmantelamiento de un arrecife, se han de definir las obras a ejecutar para la desinstalación, embarque y transporte al muelle más cercano previsto en el proyecto. Se ha de definir la localización actual de los módulos u otras estructuras fondeadas en su momento, así como el estado actual de las mismas y la metodología de extracción del fondo marino sin que deba suponer una interferencia a la navegación de la zona y se altere en la medida de lo posible, la calidad ambiental del ecosistema.

La metodología concreta para llevar a cabo la extracción, transporte y gestión, será función del tipo de arrecife artificial.

El desmantelamiento de los arrecifes artificiales no se puede llevar a cabo de la misma manera que su instalación, pues esta se suele realizar lanzándolos desde superficie, y para su retirada hay que utilizar buceadores que las enganchen unitariamente. Por ello, se ha de realizar el estudio de los principales parámetros y medidas implicadas en la extracción de las estructuras, una vez delimitadas en el fondo marino, con el siguiente alcance:

- Estudio de la situación y el estado actual en el fondo marino (en función del tiempo transcurrido y de la dinámica del fondo marino, los bloques han podido sufrir desequilibrios, movimientos, enterramientos, destrozos, etc.), utilizando la georeferenciación descrita en el apartado de colocación de arrecifes.
- Medios de desinstalación: se han de definir el tipo de barcos capaces de realizar el transporte de los módulos, el tipo de grúas capacitadas para la izada de los bloques y el equipo técnico y humano necesario para llevar a cabo el desmantelamiento (boyas, señalizaciones, barcas auxiliares, etc.).
- Selección de los parámetros que permitan medir el grado de ajuste de la obra ejecutada respecto a la proyectada.
- Estudio de la optimización de los costes económicos.
- Optimización del transporte (sistema, procedimiento, metodología y utensilios), desde la zona de desmantelamiento hasta la zona de acopio de estructuras a pie de muelle para su almacenamiento y su posterior gestión.
- Análisis de las alternativas de desembarque, evaluando los posibles lugares de almacenamiento y limpieza.
- Propuesta del sistema de gestión una vez extraídos todos los módulos (dependerá de la composición estructural de los módulos y de la finalidad para la que fueron instalados).
- Propuesta del sistema de control de calidad de la obra.
- Propuesta de restauración y regeneración de los ecosistemas que hayan podido ser afectados durante la colocación o el periodo operativo del arrecife.

La actuación y utensilios para la obra serán muy similares a los descritos en el apartado de colocación de arrecifes, debiendo contarse con una maquinaria y unos equipos técnico y humano equivalentes. Así mismo, se ha de solicitar al gestor de la instalación portuaria los datos sobre los niveles del mar en las diferentes dársenas, con el objeto de determinar el porcentaje de días con imposibilidad de carga y su distribución anual. A su vez, se han de analizar los accesos (gálibo y anchura), y las zonas de almacenaje y limpieza.



Figura 25. Módulos de arrecifes de hormigón limpios y desmantelados

## 12.2.- DESINSTALACIÓN, TRANSPORTE Y GESTIÓN

Se debe realizar un estudio previo de los principales factores a tener en cuenta en la extracción y transporte de las estructuras desde el fondo marino hasta el muelle, con la caracterización de los siguientes parámetros:

- Masa propia actual y peso dentro del agua.
- Forma actual y medidas de la estructura.
- Tipo de sedimento sobre el cual están asentados (fuerzas de sustentación del sustrato).
- Socavación y asentamiento en el sustrato, métodos de remoción.
- Caracterización de las corrientes marinas predominantes (velocidad y dirección).
- Grado de afectación del fondo marino y columna de agua por los temporales.

En función del diseño de los módulos de arrecifes, la desinstalación, el transporte y la gestión de los bloques tendrán una metodología similar y un tratamiento diferente:

- Tipo protección: Como primera medida para la desinstalación, los bloques deben ser separados en caso de que así se dispusieran o que accidentalmente se hayan enganchado entre sí. Para este trabajo es necesaria la ayuda de submarinistas. Una vez aislados los bloques, la pontona situada en la posición correcta, justo por encima del bloque, procederá a izarlos con la grúa adecuada, enganchándolos por las estructuras previstas para ello, además de por otras fijaciones de seguridad (con el paso del tiempo, el hierro que pudiera haberse empleado puede haber sido corroído por el agua de mar). En este aspecto se tomarán todas las medidas de seguridad necesarias. La grúa de la pontona colocará cada módulo sobre su superficie en su posición exacta con el fin de acumular el mayor número posible de bloques (teniendo en cuenta el calado del puerto), y transportarlos al puerto de llegada. Allí, en función de su composición, se gestionarán de la manera más conveniente para procurar reciclar o reutilizar la mayor parte de sus componentes.
- Tipo concentración-atracción y producción: Como en el caso de los módulos de protección, en función de su estado, los bloques han de ser separados con la grúa mediante la ayuda de submarinistas, puesto que normalmente se acumulan en altura. Una vez separados, se procederá a la extracción de los módulos de forma cuidadosa, puesto que normalmente estos módulos no tienen enganches de sujeción y han de ser

asegurados en su totalidad o aprovechando los múltiples orificios que presentan. Ya en la pontona, se procederá del mismo modo que en el caso anterior, llevándolos a puerto donde se gestionarán de la forma más ecoeficiente y viable económicamente.

- Tipo mixto: Al tratarse normalmente de estructuras de hormigón mixtas de protección y producción, se procede de la manera más conveniente para la extracción de los módulos, con la ventaja que poseen los agarres metálicos de los módulos de protección y los orificios de los módulos de concentración. Se procederá mediante la ayuda de submarinistas a visualizar si las estructuras están unidas, y a separarlas en su caso. Una vez en la pontona, se procederá del mismo modo que en los casos anteriores, trasladándolos hasta puerto donde se gestionarán de la manera más conveniente para procurar reciclar o reutilizar la mayor parte de sus componentes.
- Barcos, pantalanes y plataformas marinas: Normalmente estas estructuras se hunden con el propósito de no volver a reflotarse, pues su reutilización no es recomendable, al tratarse de materiales que se habrán ido desgastando con el paso del tiempo (más fácilmente degradables que el hormigón). Aún así, los intentos de reflotar alguna de estas estructuras deben contemplar la utilización de buques especializados en estos trabajos de manera que no se desmoronen a medida que son izadas. Las dificultades son muchas, por lo que no es recomendable el desmantelamiento de este tipo de arrecifes si no es estrictamente necesario.

### 12.3.- CONTROL DE LA CALIDAD DE OBRA

Debido a la complejidad de este tipo de actuaciones, se ha de procurar destinar una parte del presupuesto del proyecto al concepto de calidad de la obra. El control de calidad de la obra contemplará los siguientes trabajos:

- Análisis del estado y de la calidad del material existente en los módulos.
- Replanteo de la obra mediante la utilización de medios de prospección como, por ejemplo, el sonar de barrido lateral que cubra la totalidad del área del proyecto e indique la situación de los bloques en el fondo.
- Filmación de un documento audiovisual de los trabajos de desmantelamiento y transporte de las estructuras, así como de la zona de obra una vez finalizada la extracción de todos los bloques.

### 13.- BIBLIOGRAFÍA

- AUSTRALIAN GOVERNMENT (2005). Great barrier reef marine park Authority. Guidelines for the Management of Artificial Reefs in the Great Barrier Reef Marine Park.
- BARCELONA DE SERVEIS MUNICIPALS, S.A. (2006). Plan de instalación del barco tipo *golondrina* "Mercè" en el parque de arrecifes del litoral de levante de Barcelona.
- Baine, M. (2001). Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance. *Ocean & Coastal Management*, 44 (3-4) 241-259.
- Baine, M. y Heaps, L. (1992) An introduction to artificial reef technology. En: *Artificial Reefs and Restocking, Proceedings of a Conference, 12 September 1992*. Ed.: Baine, M. International Center for Island Technology, Stromness. Orkney Islands, UK, pp 1-6.

- Bayle Sempere J. T.; Ramos Esplá A. A.; Palazón J. A. (2001). Análisis del efecto producción - atracción sobre la ictiofauna litoral de un arrecife artificial alveolar en la reserva marina de Tabarca (Alicante). Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 17 (1 y 2): 73-85.
- Bleck M. (2006). Wave attenuation by artificial reefs (Paper awarded the International PIANC De Paepe-Willems Award 2006). On course PIANC Magazine. 125. October 2006: 5-19.
- Chairman V.M. (2002). Position Statement on the use of tires as artificial reef material. Gulf States Marine Fisheries Commission.
- Collins, K. J., y Jensen, A.C. (1997) Acceptable use of waste materials. En: *European Artificial Reef Research*. Ed.: Jensen, A.C. Southampton Oceanography Centre, pp 377-390.
- Collins, K. J., Jensen, A. C., Mallinson, J. J., Mudge, S. M., Russel, A. y Smith, I. P. (2001) Scrap tyres for marine construction: environmental impact. En: *Recycling and Reuse of Used Tyres*. Ed.: Dhir, R.K., Limbachyia, M.C. y Paine, K. A. Thomas Telford. London, pp 149-162.
- COMISIÓN DE ESTUDIOS DEL CONSEJO DE ESTADO (2006). Informe sobre las competencias de las distintas administraciones territoriales y órganos de la administración general del estado en materia de protección de hábitats y especies marinas y de declaración y gestión de áreas marinas protegidas.
- DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA. DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y FORMACIÓN (2003). Parque Submarino de Bizkaia.
- ENVIRONMENT CANADA (2001). Clean-up Guideline for ocean disposal of vessels. Ocean disposal control program.
- ENVIRONMENT CANADA (2001). Clean-up standard for ocean disposal of vessels (Revision 1). Ocean disposal control program.
- Figley B. (2005). Artificial reef management plan for New Jersey. Department of Environmental Protection, Division of Fish and Wildlife; State of New Jersey.
- FISHERIES AGENCY OF JAPAN (2005). Fisheries Infrastructure Department, Construction Division. Outline of Technical Guidelines on placement of Artificial Reef in Japan.
- GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA Y PESCA. (2002). Esculls per a pesca esportiva al litoral de Catalunya.
- GREENPEACE INTERNACIONAL (2006). Deployment of former U.S. Navy vessel Oriskany as an artificial reef allows disposal at sea of more than 300 kg of PCBs. Documento LC/SG 29/INF.2. 29ª Reunión del Grupo Científico del Convenio de Londres (junio, 2006).
- Hansen D.J. (2001). Clean-up guideline for ocean disposal of vessels. Environmental Protection Branco; Canada.
- Jensen, A.C. (1998) Final report of the EARRN, European Artificial Reef Research Network. AIR3-CT94-2144. Report to DGXIV of the European Commission, SUDO/TEC/98/11. Southampton Oceanography Centre. 150 pp.
- Jensen, A. C., Collins, K.J., y Lockwood, A. P. M. (eds) (2000) Artificial Reefs in European Seas. Kluwer, 508 pp.
- Lukens R.R.; Selberg C. (2004). Guidelines for marine artificial reef materials. Artificial Reef Subcommittee of the Technical Coordinating Committee Gulf States Marine Fisheries Commission. U.S. Fish and Wildlife Service.
- Marquez A. y Guillén E. (2006). Los arrecifes Artificiales: protección y regeneración de los recursos pesqueros en Andalucía. *Agromar nº 36, Julio 2006* 14-21. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
- Martin J.D.; Jensen A.C. (1996). European Artificial Reef Research. Proceedings of the first EARRN conference, Ancona. ISBN 0-904175-28-6. Published by Southampton Oceanography Centre, 449p.



- Medina Folgado J. R.; Serra Peris J. (1987). Arrecifes artificiales (I). Problemas pesqueros y de protección de costas; Univerisidad Politécnica de Valencia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. SECRETARIA GENERAL DE PESCA MARÍTIMA (2006). Plan estratégico nacional del fondo europeo de la pesca.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Diversidad biológica en la región mediterránea (SAP BIO). Informe nacional español.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Plan de acción estratégico para la conservación de la diversidad biológica en la región mediterránea (SAP BIO). Informe nacional español.
- NAUTILUS CONSULTANTS LTD. (2003). Artificial reefs, Scotland: Benefits, costs and risks. *Highlands & Islands Enterprise*.
- NAVAL ENVIRONMENTAL HEALTH CENTER SPAWAR SYSTEMS CENTER SAN DIEGO (2006). Ex-ORISKANY Artificial Reef Project. Human Health Risk Assessment.
- NETHERLANDS (2005). Integrated Management Plan for the North Sea (IMPNS). Noordzee Secretariat IBN 2015.
- NEW JERSEY COUNCIL OF DIVE CLUBS. NEW JERSEY HISTORICAL DIVERS ASSOCIATION. (2005). Artificial Reef Dive Monitoring Program. Agenda Dive Monitoring Meeting. Clean Ocean Action.
- O'Leary E.; Hubbard T.; O'Leary D. (2001). Artificial Reefs Feasibility Study. ISSN 1393 4643. The Marine Institute; Coastal Resources Centre National University of Ireland Cork.
- OCEANA. Pecios como arrecifes artificiales; 2005.
- OSPAR (1999). Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic; OSPAR Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources.
- Pickering, H. y Whitmarsh, D. (1997). Artificial Reefs and fisheries exploitation: a review of the "attraction versus production" debate, the influence of design and its significance for policy. *Fisheries Research*, 31, 39-59.
- PRIMER ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EXPERTOS EN ARRECIFES ARTIFICIALES. Barcelona, 19-21 de noviembre de 2.002. Libro de Actas.
- Polovina, J. J. (1994). Function of artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.* 55 (2-3), 1349.
- Pratt, J. (1994). Artificial habitats and ecosystem restoration: managing for the future. *Bull. Mar. Sci.* 55 (2-3), 268-275.
- REPUBLIC OF KOREA. Artificial Reef Plan. Nearshore Sport Fish Habitat Enhancement Program. Brief Summary on artificial reef application of vessels.
- Santos, M. N. y Monteiro, C. C. (1997). The Olhao artificial reef system (south Portugal): Fish assemblages and fishing yield. *Fisheries Research*, 30, 33-41.
- Santos, M. N. y Monteiro, C. C. (1998). Comparison of the catch and fishing yield from an artificial reef system and neighbouring areas off Faro (Algarve, south Portugal). *Fisheries Research* 39, 55-65.
- Sayer M. D. J.; Wilding T.A. (2002). Planning, licensing, and stakeholder consultation in an artificial reef development: the Loch Linnhe reef, a case study. *ICES Journal of Marine Science*, 59: S178–S185.
- Sayer M.; Wilding T. (2005). Managing artificial reef developments to optimise benefit.
- SECRETARIAT OF THE BASEL CONVENTION. INTERNATIONAL ENVIRONMENT HOUSE, SWITZERLAND. (2003). Technical guidelines for the environmentally sound management of the full and partial dismantling of ships; ISSN : 1020-8364
- STATE OF ALABAMA (1997). Artificial Fishing Reef Regulation. Montgomery Country. Commissioner Department Of Conservation And Natural Resources. Regulation 97-MR-3 (Marine Resources).

- STATE OF FLORIDA (2003). Artificial Reef Strategic Plan. Florida Fish and Wildlife Commission. Division of Marine Fisheries.
- Stone R.B. (1984). National Artificial Reef Plan. NOAA Technical Memorandum NMFS OF-6.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. MEDITERRANEAN ACTION PLAN. CONVENIO DE BARCELONA (2005). Guidelines for the placement at sea of matter for purpose other than the mere disposal (construction of artificial reefs).
- UNITED NATIONS. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. CONVENIO DE LONDRES (2000). Specific guidelines for assessment of vessels.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2006). National Guidance: Best Management Practices for Preparing Vessels Intended to Create Artificial Reefs.
- UNITED STATES FISH AND WILDLIFE SERVICE (1998). The Joint Artificial Reef Technical Committee of the Atlantic and Gulf States Marine Fisheries Commissions. Coastal Artificial Reef Planning Guide.
- UNITED STATES FISH AND WILDLIFE SERVICE (2007). National Artificial Reef Plan: Guidelines for siting, construction, development, and assessment of artificial reefs”.
- UNITED STATES NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE (2005). Fish and Wildlife Service. Interstate Fisheries Commissions. Recommendations for Revision of the 1985 National Artificial Reef Plan. Fish and Wildlife Service. Interstate Fisheries Commissions.
- UNITED STATES NATIONAL OCEAN SERVICE. Policy Statement Of The National Marine Sanctuary Program. Artificial reef permitting guidelines.
- Walker, B.K., B. Henderson, and R.E. Spieler (2002). Fish assemblages associated with artificial reefs of concrete aggregates or quarry stone offshore Miami Beach, Florida, USA. *Aquat. Living Resour.* 15:95-105.
- Wilson C. A.; Van Sickle V. R.; Pope D. L. (1987). Louisiana Artificial Reef Plan. Louisiana Department of Wildlife and Fisheries.
- Wilson K.C.; Lewis R.D.; Togstad H.A.; Black K.; Mead S.; Moores A. (2005). Protección de las playas barcelonesas con diques-arrecife polivalentes. *Associació Catalana de Surf.* Número de informe: 2005-1830.
- Zimmerman T.; Martin J.W. (2004). Artificial reef matrix structures (arms): an inexpensive and effective method for collecting coral reef-associated invertebrates. *Gulf and Caribbean Research* Vol 16. 59-64.

# Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales

Anejo I. Marco Legal





El presente anejo está constituido, por un lado, por la legislación internacional, estatal y autonómica que regula la instalación de arrecifes artificiales y por otro, por los convenios internacionales de los son de aplicación.

## **1. Legislación europea, estatal y autonómica**

A continuación se recogen las disposiciones que en relación con la materia permanecen vigentes total o parcialmente. En cada caso se incluye su referencia, una breve descripción de su justificación y relación con la materia y el extracto textual correspondiente.

### **1.1. Legislación europea**

- **Reglamento (CE) Nº 2792/1999 del Consejo de 17 de diciembre de 1999 por el que se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca.**

El Reglamento (CE) nº 2792/1999, del Consejo, de 17 de diciembre, por el que se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, deroga el Reglamento (CE) 2468/1998, última redacción del Reglamento (CE) 3699/1993, y constituye el nuevo marco normativo para el conjunto de las intervenciones estructurales en el sector pesquero realizadas en el territorio de un Estado miembro de la Comunidad Europea en el período 2000–2006 con vistas a lograr los objetivos específicos definidos en el Reglamento (CE) nº 1263/1999, del Consejo, de 21 de junio, relativo al Instrumento Financiero de Orientación de la Pesca (IFOP).

#### **TÍTULO III. PROTECCIÓN Y DESARROLLO DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS, ACUICULTURA, EQUIPAMIENTO DE LOS PUERTOS PESQUEROS, TRANSFORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN Y PESCA INTERIOR**

##### **Artículo 13. Ámbitos cubiertos**

1. Los Estados miembros podrán, en las condiciones precisadas en el anexo III, adoptar medidas para fomentar las inversiones materiales en los ámbitos siguientes:

- a) elementos fijos o móviles destinados a la protección y al desarrollo de los recursos acuáticos, con la excepción de la repoblación;
- b) acuicultura;
- c) equipamiento de los puertos pesqueros;
- d) transformación y comercialización de los productos de la pesca y de la acuicultura;
- e) pesca interior.

2. Sólo podrá concederse ayuda financiera del IFOP a los proyectos que:

- a) contribuyan al efecto económico duradero de la mejora estructural buscada;
- b) ofrezcan una garantía suficiente de viabilidad técnica y económica;
- c) eviten los efectos perversos, en particular el peligro de creación de capacidades de producción excedentarias.

### **1.2. Legislación estatal**

- **Orden de 11 de Mayo de 1982 por la que se regula la actividad de repoblación marina.**

Dio respuesta a la necesidad de una normativa adecuada de regulación de las acciones de repoblación marina, en especial por el interés del sector privado y de las Cofradías de Pescadores en la instalación de arrecifes artificiales, que constituyen un sistema eficaz de repoblación y que sirve para

evitar el arrastre en zonas prohibidas para tal modalidad, lo que a su vez representa una valiosa repoblación indirecta.

## **TÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES.**

### **Artículo 1.**

*La presente disposición tiene por objeto la repoblación en la plataforma continental y zona económica exclusiva, en el mar territorial y en las aguas interiores marítimas, sin perjuicio de las competencias que sobre esta materia puedan corresponder a las Comunidades Autónomas.*

### **Artículo 2.**

*A efectos de la presente disposición se entiende por repoblación marina toda acción que tenga como fin el incremento de la población natural de la fauna o flora. Dentro de este concepto se consideran dos clases:*

*2.1. Repoblación artificial. Es la liberación de especies animales o vegetales en cualquier fase de su ciclo vital en el medio natural.*

*2.2. Repoblación natural. Es el establecimiento de elementos o medidas favorables al desenvolvimiento de especies animales o vegetales.*

### **Artículo 3.**

*Se consideran instalaciones o medidas de repoblación natural todas las que conduzcan a este fin, y especialmente las siguientes:*

*3.1. Los arrecifes artificiales constituidos por la mano del hombre, que proporcionen un hábitat favorable a las especies marinas.*

*3.2. Los biotopos o arrecifes naturales que, habiendo perdido su condición favorable para el desarrollo de las especies marinas, sean reacondicionados por la mano del hombre para establecer tales condiciones favorables. Dentro de este concepto se incluye toda zona adecuada para el desarrollo de alguna especie, en especial con objeto de recuperación de campos de algas y rocas percheras.*

*3.3. Las zonas de reserva que tengan por objeto la protección de las especies marinas en favor de su desarrollo y proliferación.*

## **TÍTULO II. DE LOS PERMISOS DE REPOBLACIÓN**

### **CAPÍTULO II. REPOBLACIÓN NATURAL.**

#### Arrecifes artificiales

### **Artículo 8.**

*En las solicitudes de permiso se harán constar:*

- a. Nombre y datos del peticionario.*
- b. Situación y extensión del o de los arrecifes que se proyectan con plano y superponible de carta náutica en que se reflejen estos datos.*
- c. Elevación máxima sobre el fondo y sonda mínima del arrecife o de cada uno de ellos, si fueran varios.*
- d. Materiales u objetos que se pretenden fondear para la formación del o de los arrecifes.*
- e. Procedimiento de traslado sobre el mar y de fondeo de los materiales u objetos y lugar de embarque.*
- f. Estudio ecológico acreditando la idoneidad del lugar y las especies.*

*En caso de que los arrecifes solicitados constaran total o parcialmente de obra de fábrica, se acompañará, a la petición proyecto firmado por facultativo competente y visado por el Colegio correspondiente.*

### **Artículo 9.**

*En todo caso se acompañará a la solicitud una Memoria firmada por facultativo competente, en la que, en base a datos sobre corrientes marinas del lugar, del perfil del arrecife y de los materiales utilizados en su instalación, quede patente la imposibilidad de desplazamiento de alguna de las componentes de aquél.*

### **Artículo 10.**

*Previo informe del Instituto Español de Oceanografía y de la Comandancia Militar de Marina correspondiente, por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, a través de la Dirección General de Ordenación Pesquera, se recabará informe del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones (Dirección General de la Marina Mercante) y del Ministerio de Defensa (Estado Mayor de la Armada), siendo estos dos últimos informes vinculantes en lo que se refiere a materias de su expresa competencia.*

### **Artículo 11.**

*Si la Dirección General de Ordenación Pesquera en principio considerase procedente la instalación del arrecife, trasladará el expediente al Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (Dirección General de Puertos y Costas) en demanda de la correspondiente autorización de obras para el solicitante, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 42.3 del Reglamento para la ejecución de la Ley de Costas, cuyo otorgamiento permitirá la tramitación oportuna. Si dicho Órgano no considerase pertinente otorgar tal autorización, la Dirección General de Ordenación Pesquera denegará la petición de instalación del arrecife.*

**Artículo 12.**

Otorgada tal autorización, la Dirección General de Ordenación Pesquera, oída la Federación Nacional de Cofradías de Pescadores, concederá el permiso de establecimiento del arrecife, con las condiciones que estime oportunas, informando a los Departamentos interesados. Arrecifes naturales.

**Artículo 13.**

El reacondicionamiento de un arrecife o hábitat natural será autorizado por la Dirección General de Ordenación Pesquera con los informes que este Órgano considere oportunos.

**Artículo 14.**

Si tal reacondicionamiento implicara modificación de ubicación, de contorno, de altura de parte, o de todos sus componentes, habrá de ser tramitado como arrecife artificial.

**Artículo 15.**

En caso contrario, en las solicitudes de permiso se hará constar:

- a. Nombre y datos del peticionario.
- b. Situación y descripción del arrecife natural, con superponible de carta náutica.
- c. Procedimiento de acondicionamiento.
- d. Especie y procedimiento de repoblación, si la hubiere.
- e. Estudio ecológico.

**Artículo 16.**

La Dirección General de Ordenación Pesquera apreciará el interés público de la petición, pudiendo autorizarla sin exclusividad de explotación:

- a. Sin más requerimientos, si el peticionario es la Cofradía de Pescadores de la zona.
- b. Oída la Federación Nacional de Cofradías de Pescadores, si el peticionario fuera una Cooperativa o cualquier ente colectivo social.

**Artículo 17.**

En cualquier otro caso, y especialmente si el peticionario solicitara explotación exclusiva o parcial del arrecife, se aplicará la normativa vigente sobre normas para otorgar concesión o autorización de establecimientos marisqueros y de bancos naturales en la zona marítimo-terrestre, o disposición que la sustituya.

**TÍTULO III. CONDICIONES DE APLICACIÓN GENERAL.**

**Artículo 19.**

Por la Dirección General de Ordenación Pesquera se establecerá para cada arrecife artificial y natural acondicionado una zona de protección, de dimensiones adecuadas, según los hábitos de desplazamiento de las especies que se pretenden repoblar. Dentro de tal zona de protección no se podrá pescar salvo autorización conforme al artículo 21 de esta disposición, quedando en todo caso expresamente prohibida la pesca submarina a menos de 300 metros del contorno de cualquier arrecife.

**Artículo 20.**

La Dirección General de Ordenación Pesquera, con notificación a la Comandancia Militar de Marina correspondiente, podrá autorizar la exploración submarina dentro de las zonas de reserva y arrecifes, a fines de investigación y observación al personal que considere oportuno.

**Artículo 21.**

Con las limitaciones que se establezcan y en las épocas que se indique se podrá pescar con artes e instrumentos autorizados en los arrecifes artificiales y en los naturales acondicionados, observando las normas que en materia de pesca y extracción estén en vigor.

**Artículo 22.**

Con objeto exclusivo de resarcirse de los gastos de instalación, y siempre que no se dañe el efecto principal de repoblación, podrá la Dirección General de Ordenación Pesquera autorizar la extracción de moluscos, algas y demás especies adheridas a los arrecifes artificiales, a los promotores de los mismos, lo que se especificará claramente respecto a cuantía valorada y tiempo en el correspondiente permiso, en el que también se contemplará el supuesto del artículo 23 de esta disposición.

**Artículo 23.**

Si un arrecife artificial, por causas imprevistas cambiara sus condiciones de situación, extensión o elevación máxima sobre el fondo, dando lugar a algún perjuicio o peligro real o presumible será subsanada esta circunstancia por la Dirección General de Ordenación Pesquera.

Si el promotor gozase de las ventajas del artículo precedente, los correspondientes gastos se cubrirán con las extracciones logradas, y a tal fin se modificarán oportunamente las condiciones de extracción.

**Artículo 24.**

Las Comandancias Militares de Marina propondrán la instalación del balizamiento, si fuera preciso, para su aprobación por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y para su publicación en las cartas y derroteros de la zona.

- **Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.**

Con respecto a la utilización del dominio público marítimo-terrestre, establece una regulación eficaz de los diferentes usos, que incluye, tanto el uso común natural, libre y gratuito, como el uso especial, objeto de autorización, que abarca los casos de intensidad, peligrosidad, rentabilidad y las instalaciones desmontables, y las ocupaciones con obras fijas, objeto de concesión.

**TÍTULO III. UTILIZACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE**

**CAPÍTULO PRIMERO. DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 31.**

...

2. Los usos que tengan especiales circunstancias de intensidad, peligrosidad o rentabilidad y los que requieran la ejecución de obras e instalaciones sólo podrán ampararse en la existencia de reserva, adscripción, autorización y concesión, con sujeción a lo previsto en esta Ley, en otras especiales, en su caso, y en las normas generales o específicas correspondientes, sin que pueda invocarse derecho alguno en virtud de usucapión, cualquiera que sea el tiempo transcurrido.

**Artículo 32.**

1. Únicamente se podrá permitir la ocupación del dominio público marítimo-terrestre para aquellas actividades o instalaciones que, por su naturaleza, no puedan tener otra ubicación.

...

**CAPÍTULO V. CONCESIONES**

**Artículo 64.**

Toda ocupación de los bienes de dominio público marítimo-terrestre estatal con obras o instalaciones no desmontables estará sujeta a previa concesión otorgada por la Administración del Estado.

**Artículo 65.**

El otorgamiento de la concesión a que se refiere el artículo anterior no exime a su titular de la obtención de las concesiones y autorizaciones que sean exigibles por otras Administraciones Públicas en virtud de sus competencias en materia de puertos, vertidos u otras específicas.

...

- **Real Decreto 1471/1989, de 1 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General para Desarrollo y Ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.**

Define los procedimientos administrativos relativos a la determinación del dominio público marítimo-terrestre y su régimen de utilización.

**TÍTULO III. UTILIZACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE**

**CAPÍTULO II. PROYECTOS Y OBRAS**

**Artículo 85.**

1. Para que la Administración competente resuelva sobre la ocupación o utilización del dominio público marítimo-terrestre, se formulará el correspondiente proyecto básico, en el que se fijarán las características de las instalaciones y obras, la extensión de la zona de dominio público marítimo-terrestre a ocupar o utilizar y las demás especificaciones que se determinan en el artículo 88. Con posterioridad, y antes de comenzarse las obras, se formulará el proyecto de construcción, sin perjuicio de que, si lo desea, el peticionario pueda presentar éste y no el básico acompañando a su solicitud.

2. Cuando las actividades proyectadas pudieran producir una alteración importante del dominio público marítimo-terrestre, se requerirá además una previa evaluación de sus efectos sobre el mismo, en la forma que se determina en el apartado siguiente. (Artículo 42.1 y 2 de la Ley de Costas).

3. La evaluación comprenderá el estudio de la incidencia de las actividades proyectadas sobre el dominio público marítimo-terrestre, tanto durante su ejecución como durante su explotación, debiendo incluir, en su caso, las medidas correctoras necesarias.

**Artículo 86.**

El proyecto se someterá preceptivamente a información pública, salvo que se trate de autorizaciones o de actividades relacionadas con la defensa nacional o por razones de seguridad. (Artículo 42.3 de la Ley de Costas).



**Artículo 87.**

Cuando no se trate de utilización por la Administración, se acompañará un estudio económico-financiero cuyo contenido será el definido en el artículo 89, y el presupuesto estimado de las obras emplazadas en el dominio público marítimo-terrestre. (Artículo 42.4 de la Ley de Costas).

**Artículo 88.**

El proyecto básico, que deberá estar suscrito por técnico competente, contendrá los siguientes documentos:

- a. Memoria justificativa y descriptiva con anejos, en su caso, que deberá contener la declaración a que se refiere el artículo 96, así como las especificaciones señaladas en el artículo 85 y otros datos relevantes, tales como los criterios básicos de proyecto, el programa de ejecución de los trabajos y, en su caso, el sistema de evacuación de aguas residuales.
- b. Planos: de situación, a escala conveniente; de emplazamiento, con representación del deslinde y de la zona a ocupar, a escala no inferior a 1/5.000, con la clasificación y usos urbanísticos del entorno; topográfico del estado actual, a escala no inferior a 1/1.000; de planta general, en que se representen las instalaciones y obras proyectadas, que incluirá el deslinde y la superficie a ocupar o utilizar en el dominio público marítimo-terrestre, líneas de orilla, zonas de servidumbre de tránsito, protección y accesos y, cuando proceda, restablecimiento de las afectadas y terrenos a incorporar al dominio público marítimo-terrestre; de alzados y secciones características, cuando resulten necesarios para su definición, con la geometría de las obras e instalaciones.
- c. Información fotográfica de la zona.
- d. Presupuesto con la valoración de las unidades de obra y partidas más significativas.

**Artículo 89.**

En el caso de que no se prevea la gestión directa por la Administración, el estudio económico-financiero a que se refiere el artículo 87 desarrollará la evolución previsible de la explotación, considerando diversas alternativas de plazo de amortización acordes con las disposiciones de este Reglamento, y contendrá:

- a. Relación de ingresos estimados, con tarifas a abonar por el público y, en su caso, descomposición de sus factores constitutivos como base para futuras revisiones.
- b. Relación de gastos, incluyendo los de proyectos y obras y los de cánones y tributos a satisfacer, así como los de conservación, consumos energéticos, de personal y otros necesarios para la explotación.
- c. Además se incluirán, cuando éstos existan, los costes derivados de las medidas correctoras a imponer, así como los gastos derivados del plan de seguimiento para la comprobación de la efectividad de dichas medidas.
- d. Evaluación de la rentabilidad neta, antes de impuestos.

**Artículo 90.**

1. Las obras se ejecutarán conforme al proyecto de construcción que en cada caso se apruebe, que completará al proyecto básico. (Artículo 43 de la Ley de Costas).

2. La dirección de las obras será ejercida por técnico competente.

**Artículo 91.**

1. Los proyectos se formularán conforme al planeamiento que, en su caso, desarrollen, y con sujeción a las normas generales, específicas y técnicas que apruebe la Administración competente, en función del tipo de obra y de su emplazamiento.

2. Deberán prever la adaptación de las obras al entorno en que se encuentren situadas y, en su caso, la influencia de la obra sobre la costa y los posibles efectos de regresión de ésta.

3. Cuando el proyecto contenga la previsión de actuaciones en el mar o en la zona marítimo-terrestre, deberá comprender un estudio básico de la dinámica litoral referido a la unidad fisiográfica costera correspondiente y de los efectos de las actuaciones previstas.

...

**Artículo 92.**

El estudio básico de dinámica litoral a que se refiere el artículo 91.3 se acompañará como anejo a la memoria, y comprenderá los siguientes aspectos:

- a. Estudio de la capacidad de transporte litoral.
- b. Balance sedimentario y evolución de la línea de costa, tanto anterior como previsible.
- c. Clima marítimo, incluyendo estadísticas de oleaje y temporales direccionales y escalares.
- d. Batimetría hasta zonas del fondo que no resulten modificadas, y forma de equilibrio, en planta y perfil, del tramo de costas afectado.
- e. Naturaleza geológica de los fondos.
- f. Condiciones de la biosfera submarina.
- g. Recursos disponibles de áridos y canteras y su idoneidad, previsión de dragados o trasvases de arenas.
- h. Plan de seguimiento de las actuaciones previstas.

- i. Propuesta para la minimización, en su caso, de la incidencia de las obras y posibles medidas correctoras y compensatorias.

**Artículo 93.**

La disminución significativa de la superficie de playa existente, causada por las actividades proyectadas, deberá, en su caso, ser compensada con otra equivalente, a crear o regenerar en la zona, sin que esta compensación sea condición suficiente para que, en su caso, el título se otorgue.

...

**Artículo 96.**

1. Los proyectos contendrán la declaración expresa de que cumplen las disposiciones de la Ley de Costas y de las normas generales y específicas que se dicten para su desarrollo y aplicación. (Artículo 44.7 de la Ley de Costas).

2. Los autores responderán de la exactitud y veracidad de los datos técnicos y urbanísticos consignados.

**Artículo 97.**

1. La tramitación de los proyectos de la Administración del Estado se realizará conforme a lo dispuesto en este artículo, con sometimiento, en su caso, a información pública a informes de los departamentos y organismos que se determinen. Si, como consecuencia de las alegaciones formuladas en dicho trámite, se introdujeran modificaciones sustanciales en el proyecto, se abrirá un nuevo período de información. (Artículo 45.1 de la Ley de Costas).

2. Lo establecido en este artículo para los proyectos a realizar por la Administración del Estado será de aplicación a los de las obras de interés general a que se refieren los artículos 111 de la Ley de Costas y 204 de este Reglamento.

3. Los proyectos deberán contener los documentos señalados en la legislación de contratos del Estado.

4. La tramitación de los proyectos de obras de primer establecimiento, reforma o gran reparación comprenderá:

- a. La fase de información pública, en su caso, con plazo de veinte días.
- b. Informe de la Comunidad Autónoma.
- c. Informe del Ayuntamiento en cuyo término se emplacen las obras.
- d. Informe del órgano competente del Ministerio de Fomento en materia de navegación, en el caso de obras en el mar que puedan suponer un riesgo para la seguridad marítima.
- e. Informe del órgano competente en materia de costas del Ministerio de Medio Ambiente, cuando se trate de proyectos de otros órganos o departamentos ministeriales.

5. Los informes podrán ser recabados durante el plazo de información pública, debiendo emitirse en el plazo de un mes, transcurrido el cual sin haberse evacuado, se proseguirá la tramitación del expediente.

6. Quedaran excluidos de la tramitación anterior los proyectos del Ministerio de Medio Ambiente de escasa entidad, o de obras de reparaciones menores o de conservación y mantenimiento.

...

**Artículo 100.**

Con el fin de garantizar la integridad del dominio público marítimo-terrestre y la eficacia de las medidas de protección sobre el mismo, la Administración del Estado podrá aprobar planes de obras y de otras actuaciones de su competencia. (Artículo 46 de la Ley de Costas).

- **Orden Ministerial de 31 de julio de 1991, regula el régimen de autorizaciones y la tramitación de ayudas a la instalación de arrecifes artificiales.**

Establece los trámites de las autorizaciones de instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores por el órgano periférico del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, sin perjuicio de lo establecido en la normativa de ocupación del dominio público marítimo-terrestre. Pretende favorecer los intereses de los particulares o entidades solicitantes, simplificando al máximo los trámites. Asimismo, se establecen las normas para la solicitud de ayudas a arrecifes artificiales.

Autorizaciones de arrecifes artificiales en aguas exteriores

**Artículo 1.**

Los titulares de los proyectos de arrecifes artificiales y otros elementos fijos de naturaleza similar que pretendan obtener la autorización contemplada en el artículo 28 del Real Decreto 222/1991, para su instalación en aguas exteriores, presentarán las solicitudes ante el director provincial o territorial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

**Artículo 2.**

La solicitud de autorización deberá contener los siguientes datos del titular:

- Nombre o razón social.
- Dirección completa.
- Teléfono y telex o telefax, en su caso.
- Actividad principal.

En el caso de personas jurídicas, se deberá adjuntar copia autorizada de la escritura de constitución y de su inscripción en el registro mercantil.

En el caso de entidades públicas, se deberá adjuntar certificación expedida por el órgano competente, acreditando la representación del solicitante.

Dicha solicitud deberá ir acompañada por la memoria del proyecto en cuatro ejemplares iguales que deberán contener, asimismo, los siguientes datos:

- a) Situación y extensión de los arrecifes o instalaciones similares que se proyecten, con plano superponible a la carta náutica correspondiente en el que se reflejen estos datos.
- b) Elevación máxima sobre el fondo y sonda mínima de los arrecifes o instalaciones similares.
- c) Características de las estructuras que se pretenden fondear, con indicación del material utilizado en su construcción, formas y peso, todo ello indicado en memoria firmada por facultativo competente.
- d) Lugar de embarque, procedimiento de transporte y sistema de fondeo y anclaje de las estructuras.
- e) Estudio ecológico, firmado por técnico competente, que incluya la situación de las pesquerías locales, acreditando la idoneidad del lugar para la instalación en orden al desarrollo de las especies a las que va destinada.
- f) Especies y procedimientos de repoblación si esta existiera.
- g) Plan de seguimiento de la incidencia de los arrecifes o estructuras similares sobre su entorno, tanto en el aspecto ecológico como en el pesquero, durante el mínimo de los tres años siguientes a su instalación, con indicación del equipo técnico que realizara el seguimiento y de la experiencia de cada uno de sus miembros. El compromiso de realización de dicho plan deberá acreditarse documentalmente.
- h) Compromiso por parte del titular del arrecife de mantenerlo en las condiciones recogidas en la memoria.

**Artículo 3.**

1. El director provincial o territorial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en cumplimiento del artículo 30 del Real Decreto 222/1991, y atendiendo a las características que concurren en este tipo de instalaciones, recabará los siguientes informes preceptivos que deberán ser evacuados en el plazo de un mes por:

La comandancia militar de marina.

Los servicios periféricos del ministerio de obras públicas y transportes.

El órgano competente de la comunidad autónoma correspondiente.

2. Simultáneamente a la petición de los informes, se someterá el proyecto a información pública conforme a lo previsto en el artículo 67 de la ley 22/1988, de costas.

**Artículo 4.**

1. Una vez cumplimentados los trámites del artículo anterior, el director provincial o territorial del ministerio de agricultura, pesca y alimentación enviara tres ejemplares del proyecto junto con todos los informes recabados, a la Dirección General de Estructuras Pesquera.

2. La Dirección General de Estructuras Pesqueras remitirá ejemplares del proyecto:

Al ministerio de obras públicas y transportes a efectos del cumplimiento del artículo 30.1 del real decreto 222/1991.

Al instituto español de oceanografía para la elaboración del informe señalado en el artículo 30.2 del mismo Real Decreto.

3. Cumplimentados los trámites del punto anterior, la Dirección General de Estructuras Pesqueras dictará la resolución de autorización de instalación del arrecife artificial o estructura similar, con indicación de las condiciones de instalación y uso en el área del arrecife y de su zona de protección, conforme al artículo 32 del Real Decreto 222/1991.

**Artículo 5.**

La Dirección General de Estructuras Pesqueras comunicara la resolución al ministerio de defensa y al ministerio de obras públicas y transportes, de conformidad con el artículo 31 del Real Decreto 222/1991.

Asimismo, dicha resolución será publicada en el Boletín Oficial del Estado.

Autorización de arrecifes artificiales en aguas interiores

**Artículo 6.**

Cuando los arrecifes artificiales o estructuras similares se localicen en aguas interiores, la gestión corresponderá al órgano competente de la comunidad autónoma correspondiente, según lo dispuesto en el artículo 28 del Real Decreto 222/1991.

Ayudas a proyectos de instalación de arrecifes artificiales

**Artículo 7.**

1. Las solicitudes de ayudas para la instalación de arrecifes artificiales u otros elementos fijos de naturaleza similar, deberán cumplir los siguientes requisitos establecidos en el artículo 33 del real decreto 222/1991:

- a) Comportar una inversión, incluyendo los costos de estudios previos, de seguimiento y de instalación, superior a 7.000.000 de pesetas.
- b) Incluir un seguimiento científico de la acción durante un mínimo de tres años.
- c) Ser realizados por una cofradía de pescadores, una organización de productores pesqueros reconocida o una corporación, órgano u organismo público.
- d) Estar inscritos en el marco del correspondiente programa de orientación plurianual previsto en el título i del reglamento (CEE) 4028/1986, y elaborado en coordinación con las comunidades autónomas.

2. Las ayudas contempladas en la presente orden tendrán los siguientes límites:

- a) Entre el 10 y el 35 por 100 de la inversión aceptada para los proyectos que reciban ayudas comunitarias contempladas en el reglamento (CEE) 4028/1986.
- b) Hasta un 60 por 100 de la inversión aceptada para los proyectos que no reciban ayudas comunitarias.

3. En la fijación del porcentaje de la ayuda, se atenderá a lo dispuesto en el artículo 34 del real decreto 222/1991, a las previsiones del programa de orientación plurianual 1992-1996, y a las disponibilidades presupuestarias.

**Artículo 8.**

Las ayudas a la instalación de arrecifes artificiales se tramitarán de conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 35 del real decreto 222/1991.

**Artículo 9.**

En el caso de los proyectos que soliciten ayudas de la CEE, los beneficiarios cumplimentarán el formulario ZMP/87, incluido en el anexo del reglamento (CEE) 970/1987, de la Comisión (DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS número 196/1, de 9 de abril).

Estos formularios deberán tener entrada, por triplicado, en la Dirección General de Estructuras Pesqueras, acompañados de la siguiente documentación:

Dos ejemplares de la memoria mencionada en el artículo 2. de la presente orden.

Dos copias de la resolución de autorización de instalación del arrecife.

Acreditación de estar al corriente de las obligaciones tributarias y de la seguridad social, para las entidades de carácter privado.

Los plazos de estas solicitudes serán los siguientes:

- a) En primera convocatoria hasta el día 15 de febrero de cada año, para los proyectos que deban ser remitidos a la comunidad económica europea antes del 31 de marzo.
- b) En segunda convocatoria, hasta el día 16 de septiembre de cada año para los proyectos que deban ser remitidos a la comunidad económica europea antes del 31 de octubre.

**Artículo 10.**

En el caso de los arrecifes artificiales localizados en aguas exteriores para los que se solicite únicamente ayuda nacional, los formularios de solicitud de dicha ayuda se recabarán de las direcciones provinciales o territoriales del ministerio de agricultura, pesca y alimentación, presentándolos, en las mismas, una vez cumplimentados, por duplicado y adjuntando la siguiente documentación:

Una copia de la memoria mencionada en el artículo 2. de la presente orden.

Una copia de la resolución de autorización de instalación del arrecife.

Acreditación de estar al corriente de las obligaciones tributarias y de la seguridad social, para las entidades de carácter privado.

Las solicitudes deberán tener entrada antes del 30 de septiembre de cada año.

**Artículo 11.**

Las ayudas contempladas en la presente orden se librarán, según los casos, de la forma siguiente:

a) Arrecifes artificiales localizados en aguas exteriores. las ayudas se librarán en un máximo de dos fracciones, debiendo contemplar la primera, al menos, los costes de estudios previos, construcción y fondeo de las estructuras. la acreditación del gasto efectuado deberá realizarse mediante la presentación de las correspondientes facturas y justificantes de pago.

El porcentaje de la ayuda a pagar, en el primer libramiento, será equivalente a la parte de la inversión realizada sobre el total de los costos aceptados.

b) Arrecifes artificiales localizados en aguas interiores. para los proyectos que hayan sido remitidos a la CEE, el montante de la ayuda se transferirá a la comunidad autónoma correspondiente:

Una vez conocida la decisión favorable de la Comisión.

Cuando les sea de aplicación lo dispuesto en el artículo 37.1 del reglamento CEE 4028/1986, previa petición por parte del beneficiario.

**Artículo 12.**

Por el órgano competente se procederá a realizar los oportunos controles para verificar el cumplimiento de las condiciones de regulación de la actividad objeto de la ayuda, informándose al ministerio de agricultura, pesca y alimentación del resultado de dichos controles, en su caso.

- **Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la producción de sus productos.**

Desarrolla la regulación sobre acondicionamiento de zonas marinas litorales por incidir en la protección y regeneración de los recursos pesqueros.

**CAPÍTULO V. ACONDICIONAMIENTO DE ZONAS MARINAS LITORALES.**

**Artículo 37.**

1. El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, con objeto de permitir la protección, regeneración y desarrollo de recursos pesqueros de zonas marinas litorales, podrá establecer, por fuera de aguas interiores, zonas protegidas. En estas zonas podrán instalarse estructuras fijas o móviles (en adelante arrecifes artificiales) destinadas a los fines anteriormente indicados.

2. La definición de zona protegida requerirá informe previo del Instituto Español de Oceanografía, en cuanto a su viabilidad técnica, al impacto sobre su entorno y sobre los recursos pesqueros.

**Artículo 38.**

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en el ejercicio de la competencia estatal en materia de pesca marítima, y de acuerdo con los fines establecidos en el artículo anterior, podrá autorizar, según el procedimiento previsto en el presente Real Decreto, la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores.

**SECCIÓN I. NORMAS DE ORDENACIÓN.**

**Artículo 39.**

1. Se entiende por arrecife artificial, a los efectos de lo dispuesto en el presente Real Decreto, al conjunto de elementos, constituidos por diversos materiales inertes y con diversas formas, o bien, a los cascos de buques pesqueros de madera específicamente adaptados para este fin, que cumpliendo lo dispuesto en los artículos 40, 41, 42 y 43 del presente Real Decreto se distribuyen sobre una superficie delimitada del lecho marino con objeto de proteger, regenerar y desarrollar las poblaciones de especies de interés pesquero.

2. Se define como área de afección del arrecife artificial a aquel espacio del medio marino que incluye su zona de instalación, comprendiendo el fondo marino y la columna de agua hasta la superficie que se encuentra sobre dicho fondo.

3. Los arrecifes artificiales podrán disponer en los casos que se estime necesario, de un área de influencia del arrecife artificial a la que se extenderán las medidas de protección. La citada área consistirá en un pasillo de, al menos, 200 metros de anchura por fuera del perímetro de la zona de instalación del arrecife, comprendiendo el fondo y la columna de agua hasta la superficie que se encuentra sobre él.

**Artículo 40.**

1. Las estructuras específicas instaladas con fines de arrecife artificial, podrán ser de los siguientes tipos:

- a. Estructuras de protección, disuasorias de la pesca ilegal.
- b. Estructuras de producción cuyas características morfológicas inducen, entre otras acciones, a la concentración, reproducción, regeneración y desarrollo de especies de interés pesquero.

2. Los arrecifes de producción dispondrán en todo caso de un área de influencia, tal como se define en el artículo anterior.

**Artículo 41.**

Las estructuras específicas instaladas con fines de arrecife artificial deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a. Estar construidas con materiales que no produzcan contaminación en el medio marino. Quedan expresamente excluidos el uso de chatarras y otros materiales de desecho no específicamente autorizados.
- b. Deberán localizarse a una profundidad tal que desde el extremo superior o más sobresaliente del arrecife a la superficie del agua quede una profundidad mínima de 15 metros, medida durante la bajamar mínima equinoccial. No obstante, y en virtud de las características del tipo de pesca que se realice en la zona, se podrán instalar

módulos a profundidad inferior, previo informe favorable del Ministerio de Defensa (Cuartel General de la Armada).

- c. En el caso de los arrecifes de protección, deberán distribuirse sobre un área de tal forma que se produzca un efecto máximo sobre las artes cuya acción negativa se pretende contrarrestar.

**Artículo 42.**

Los buques que sean objeto de operaciones de hundimientos con el fin de instalar arrecifes artificiales tendrán la consideración de arrecifes de protección y deberán reunir las siguientes condiciones:

1. Que sean de casco exclusivamente de madera.
2. El casco debe estar limpio, sin el motor, los sistemas hidráulicos, los depósitos de lubricantes y de combustible y demás elementos contaminantes, además de eliminar las aguas negras de la sentina.
3. Que el casco sea debidamente perforado y lastrado con objeto de crear espacios de protección para las especies pesqueras.
4. El lastre a incorporar en el casco deberá garantizar su inmovilización en el punto de fondeo.
5. En la adaptación del casco podrán incorporarse aquellos elementos de disuasión necesarios para cumplir los fines propios de un arrecife de protección.

**Artículo 43.**

Cuando los arrecifes artificiales localizados en las zonas protegidas a que se refiere el artículo 37 del presente Real Decreto o se autoricen según lo dispuesto en el artículo 38 del mismo, dicha autorización deberá recoger, con carácter de condiciones mínimas:

- a. El área de instalación del arrecife, con delimitación exacta de sus coordenadas sobre carta náutica, así como la zona circundante que posea las características de área de influencia.
- b. Las prohibiciones y limitaciones en el ejercicio de la pesca, así como, en su caso, las condiciones especiales para dicho ejercicio.
- c. Los tipos a que pertenezcan los diferentes elementos constitutivos del arrecife, con delimitación del área de ocupación de cada uno.
- d. Las condiciones y prescripciones que, por parte del titular de la misma, deban cumplirse en el proceso de instalación y mantenimiento del arrecife.

**Artículo 44.**

La autorización de instalación de un arrecife artificial no implicará derecho preferente de explotación de la zona ocupada por parte del titular de la misma.

**SECCIÓN II. NORMAS DE AUTORIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN.**

**Artículo 45.**

Las solicitudes de autorización para la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores se dirigirán al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Secretaría General de Pesca Marítima), que recabará de los Departamentos y Organismos competentes en materia de defensa y navegación y de cualquier otro que en su caso proceda, los informes oportunos, que serán evacuados en el plazo de cuarenta y cinco días. Se requerirá la concesión de ocupación del dominio público marítimo-terrestre a otorgar por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, conforme establece el artículo 64 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

Esta autorización incluirá las condiciones y prescripciones establecidas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y por los organismos señalados en el párrafo anterior. El inicio de las operaciones de instalación significará la aceptación, por parte del titular de la autorización, de dichas condiciones.

El informe del Ministerio de Defensa tendrá carácter vinculante y determinante para la resolución del procedimiento a los efectos previstos en el artículo 83.3 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, cuando la instalación de arrecifes artificiales afecte a los intereses de la Defensa Nacional.

**Artículo 46.**

En cualquier caso, la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores precisará de informe previo del Instituto Español de Oceanografía, en cuanto a su viabilidad técnica y al impacto sobre su entorno y sobre los recursos pesqueros. Dicho informe deberá ser evacuado en el plazo máximo de un mes.

**Artículo 47.**

Una vez otorgada la autorización definitiva de instalación se dará conocimiento de la misma al Ministerio de Defensa y al Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, a efectos de seguridad en la navegación.

**Artículo 48.**

1. El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación podrá autorizar la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores por períodos no superiores a un año cuando las condiciones del

medio lo aconsejen y al objeto de comprobar que no se producen efectos negativos sobre el entorno.

2. Previamente a esta autorización se recabarán informes del Ministerio de Defensa y del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, que deberán ser emitidos en el plazo de cuarenta y cinco días.

El informe del Ministerio de Defensa tendrá carácter vinculante cuando la instalación de arrecifes artificiales afecte a los intereses de la Defensa Nacional, con el mismo carácter y efectos indicados en el artículo 45.

3. A efectos del eventual levantamiento y retirada de los arrecifes artificiales por caducidad de su autorización o por causar efectos negativos sobre el entorno, las unidades constitutivas de los mismos deberán disponer de elementos precisos que garanticen esta operación.

4. Durante el período de vigencia de la autorización contemplada en el apartado 1 podrá tramitarse su autorización definitiva.

**Artículo 49.**

1. La autorización de instalación de arrecife artificial corresponderá al órgano competente de la Comunidad Autónoma cuando afecte exclusivamente a aguas interiores.

2. La autorización de arrecifes artificiales que ocupen simultáneamente aguas exteriores e interiores será competencia del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, previo informe vinculante de las Comunidades Autónomas afectadas y su tramitación se realizará según lo dispuesto en este Real Decreto.

- **Real Decreto 290/1997, de 28 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, por el que se definen los criterios y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, de la acuicultura y de la comercialización, la transformación y la promoción de sus productos.**

Modifica, entre otros, el artículo 48 del Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, incorporando un apartado relativo a que los hundimientos de busques con fines de arrecife artificial se realice en zonas previamente designadas para tal fin. También modifica el artículo 50 relativo al fomento de las inversiones en el ámbito de la protección, regeneración y desarrollo de los recursos pesqueros de zonas marinas litorales, en particular, para la instalación de elementos fijos o móviles destinados a los fines anteriores, aunque este artículo quedó derogado por el Real Decreto 3448/2000, de 22 de diciembre.

**Artículo único. Modificación del Real Decreto 798/1995.**

Se modifica el Real Decreto 798/1995, de 19 de mayo, en los siguientes términos:

...

4. Se añade un apartado 5 al artículo 48, con el siguiente texto:

«5. Los hundimientos de buques pesqueros de casco de madera que se realicen con fines de arrecife artificial se efectuarán, según su normativa específica, en zonas previamente designadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en virtud del artículo 37 del presente Real Decreto.»

- **Orden 1 de Septiembre de 1997 por la que se prohíbe la pesca submarina en ciertas áreas destinadas a la instalación de arrecifes artificiales en aguas exteriores.**

Prohíbe la práctica de la pesca submarina en ciertas zonas, con el fin de permitir la consecución de los objetivos previstos para determinados arrecifes artificiales, concretamente aquellos arrecifes o áreas arrecifales que incluyen estructuras de producción/concentración, donde la actividad pesquera submarina puede ser más dañina.

**Artículo único.**

Queda prohibido el ejercicio de la pesca submarina en las zonas que figuran en el anexo de la presente Orden.

- **Orden de 26 de Febrero de 1999 que regula la pesca marítima de recreo en España.**

Limita la práctica de la pesca marítima de recreo en las zonas de protección especial como las de arrecifes artificiales.

**DISPOSICIÓN ADICIONAL PRIMERA. Zonas de protección especial**

*La pesca marítima de recreo en zonas de protección especial, tales como reservas marinas, reservas de pesca, arrecifes artificiales y zonas de repoblación se regirá por las normas específicas establecidas para cada caso.*

- **Real Decreto 3448/2000, de 22 de diciembre, por el que se establece la normativa básica de las ayudas estructurales en el sector pesquero.**

De conformidad con el Reglamento (CE) 2792/1999, del Consejo de 17 de diciembre, por el que se definen las modalidades y condiciones de las intervenciones con finalidad estructural en el sector de la pesca, regula, entre otros, los aspectos relativos a la protección y desarrollo de los recursos acuáticos.

**CAPÍTULO XI. PROTECCIÓN Y DESARROLLO DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS**

**Artículo 43. Protección y desarrollo de los recursos acuáticos.**

1. El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y las comunidades autónomas, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán adoptar medidas para el fomento de inversiones materiales en el ámbito de la protección y el desarrollo de los recursos acuáticos, incluidos los recursos de agua dulce, con la excepción de la repoblación.

2. Cada proyecto deberá incluir un seguimiento científico durante al menos cinco años, que comprenderá en particular la evaluación y el control de la evolución de los recursos acuáticos de las aguas de que se trate.

**Artículo 44. Gastos subvencionables.**

Los gastos subvencionables mediante la ayuda del IFOP se referirán a la instalación de elementos fijos o móviles destinados a proteger y desarrollar recursos acuáticos, a la rehabilitación de ríos y lagos, incluidas las zonas de freza, a la facilitación de la migración a favor y en contra de las corrientes de especies migratorias, así como al seguimiento científico de los proyectos. Estos deberán:

- a. Presentar un interés colectivo.
- b. Ser realizados por organismos públicos o análogos, organizaciones profesionales u otros organismos designados a tal fin por la autoridad de gestión.
- c. Evitar las consecuencias negativas para el medio acuático.
- d. Contribuir al efecto económico duradero de la mejora estructural buscada.
- e. Ofrecer garantía suficiente de viabilidad técnica y económica.
- f. Evitar efectos perjudiciales, en particular el peligro de creación de capacidades excedentarias.

**Artículo 45. Límite de ayudas.**

1. Las ayudas nacionales y del IFOP tendrán los límites que se establecen en el anexo 1, cuadro 3, grupo 1 ó 3.

2. La inclusión en el grupo 1 ó 3 será determinada por el centro gestor en función de las consideraciones siguientes:

- a. Intereses colectivos frente a intereses individuales.
- b. Beneficiarios colectivos frente a beneficiarios individuales como, organizaciones de productores, organizaciones representantes del sector comercial, entre otras.
- c. Acceso del público a los resultados de la operación frente a propiedad y control privados.
- d. Participación financiera de organismos colectivos e institutos de investigación.

**Artículo 46. Órgano competente.**

Las ayudas se resolverán por los siguientes órganos:

- a. Cuando los elementos destinados a proteger y desarrollar los recursos acuáticos se encuentren localizados en aguas Interiores, por el órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente, la cual autorizará, en su caso, su instalación.
- b. Cuando se encuentren localizados en aguas exteriores, por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



- c. Cuando ocupen simultáneamente aguas interiores y exteriores, por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, previo informe vinculante de la Comunidad Autónoma o de las Comunidades Autónomas afectadas.

- **Ley 3/2001, de 26 de Marzo de Pesca marítima del Estado.**

Establece medidas de conservación de los recursos pesqueros que abarcan, junto a la pesca responsable, medidas de protección y regeneración de los recursos pesqueros que conllevan el establecimiento de zonas de protección pesqueras, las cuales, por las especiales características del medio marino, son idóneas para la protección, regeneración y desarrollo de las especies pesqueras. En estas zonas, el ejercicio de la pesca podrá estar prohibido o limitado a determinados artes, conforme a la normativa específica establecida en la declaración de Reserva Marina, Zona de Acondicionamiento Marino o Zona de Repoblación Marina.

**TÍTULO I. DE LA PESCA MARÍTIMA EN AGUAS EXTERIORES**

**CAPÍTULO III. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS.**

**SECCIÓN I. ZONAS DE PROTECCIÓN PESQUERA.**

**Artículo 13. Declaración de zonas de protección pesquera.**

1. El Ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación, mediante Orden ministerial, podrá declarar zonas de protección pesquera para favorecer la protección y regeneración de los recursos marinos vivos. Dichas zonas, de acuerdo con la finalidad específica derivada de sus especiales características, podrán ser calificadas como:

- a. Reservas marinas.
- b. Zonas de acondicionamiento marino.
- c. Zonas de repoblación marina.

2. La declaración de estas zonas se realizará previo informe del Instituto Español de Oceanografía, del Ministerio de Medio Ambiente, del Ministerio de Defensa, en el caso de que incida sobre zonas declaradas de interés para la Defensa Nacional o zonas de seguridad de instalaciones militares, del Ministerio de Fomento, en el caso de que afecte al servicio portuario, así como de las Comunidades Autónomas afectadas, sobre aspectos de su competencia.

La declaración establecerá, en todo caso, la delimitación geográfica de la zona.

**Artículo 14. Las reservas marinas.**

1. Serán declaradas reservas marinas aquellas zonas que por sus especiales características se consideren adecuadas para la regeneración de los recursos pesqueros. Las medidas de protección determinarán las limitaciones o la prohibición, en su caso, del ejercicio de la actividad pesquera, así como de cualquier otra actividad que pueda alterar su equilibrio natural.

2. En el ámbito de las reservas marinas podrán delimitarse áreas o zonas con distintos niveles de protección.

**Artículo 15. Zonas de acondicionamiento marino.**

1. Con el fin de favorecer la protección y reproducción de los recursos pesqueros, podrán declararse zonas de acondicionamiento marino, en las cuales se realizarán obras o instalaciones que favorezcan esta finalidad. La declaración de estas zonas se hará previo cumplimiento de la legislación vigente en materia de ocupación del dominio público marítimo-terrestre.

2. La norma de declaración establecerá las medidas de protección de la zona, respecto del ejercicio o la prohibición, en su caso, de la actividad pesquera, así como de cualquier otra actividad que pueda perjudicar su finalidad.

3. Entre las obras o instalaciones que pueden realizarse en las zonas de acondicionamiento marino figuran los arrecifes artificiales, así como otras que reglamentariamente se establezcan.

**Artículo 16. Zonas de repoblación marina.**

1. Con el fin de favorecer la regeneración de especies de interés pesquero, podrán declararse zonas destinadas a la liberación controlada de especies en cualquier fase de su ciclo vital.

2. En estas zonas se establecerán normas especiales para el ejercicio de la pesca, así como de todas aquellas actividades que puedan afectar a la efectividad de esta medida.

**Artículo 17. Informes previos a la repoblación marina.**

1, las repoblaciones que se realicen en aguas exteriores requerirán informe previo del Instituto Español de Oceanografía y del Ministerio de Medio Ambiente, así como de la Comunidad Autónoma correspondiente sobre su incidencia en los recursos pesqueros de las aguas interiores.

2. Las repoblaciones que se realicen en las aguas interiores requerirán informe previo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación sobre su incidencia en los recursos pesqueros de las aguas exteriores.

3. La introducción de especies foráneas de cualquier talla y ciclo vital, así como de huevos, esporas o individuos de dichas especies, con destino a repoblación, cultivos o simple inmersión, requerirá informe previo del Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y de las Comunidades Autónomas afectadas.

**Artículo 18. Régimen aplicable en los espacios protegidos.**

En las aguas exteriores de los espacios naturales protegidos, las limitaciones o prohibiciones de la actividad pesquera se fijarán por el Gobierno de conformidad con los criterios establecidos en la normativa ambiental.

**SECCIÓN II. ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES DE ALTERAR LOS RECURSOS PESQUEROS.**

**Artículo 19. Extracción de flora.**

La extracción de flora marina en aguas exteriores requerirá autorización del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, previa la realización del preceptivo informe de la Comunidad Autónoma correspondiente.

**Artículo 20. Obras, instalaciones y demás actividades en el mar.**

1. Cualquier obra o instalación, desmontable o no, que se pretenda realizar o instalar en aguas exteriores, así como la extracción de cualquier material, requerirá informe preceptivo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y de las Comunidades Autónomas afectadas, a los efectos de la protección y conservación de los recursos marinos vivos.

2. La autorización administrativa para la realización de actividades en aguas exteriores en las que, aun sin requerir obras o instalaciones de ningún tipo, concurren circunstancias de las que puedan derivarse efectos para los recursos pesqueros o interferencias con el normal desarrollo de la actividad pesquera, requerirá informe preceptivo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

**Artículo 21. Vertidos.**

La autorización administrativa para toda clase de vertidos en aguas exteriores requerirá informe preceptivo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y de las Comunidades Autónomas, a efectos de la valoración de su incidencia sobre los recursos marinos vivos.

- **Orden de 28 de marzo de 2001 por la que se publica el modelo de autorización para la construcción de módulos y hundimiento de buques con casco de madera para su instalación como arrecifes artificiales en aguas exteriores.**

Con el fin de simplificar y mejorar los procedimientos administrativos para la instalación de módulos o hundimiento de buques de casco de madera con la finalidad de crear arrecifes artificiales en aguas exteriores se desarrolla un modelo unificado de solicitud.

**Artículo único. Objeto.**

Como anexo de la presente Orden se publica el modelo de solicitud de autorización para la construcción de módulos y hundimiento de buques con casco de madera para su instalación como arrecifes artificiales en aguas exteriores.

- **Real Decreto 1048/2003, de 1 de agosto, sobre ordenación del sector pesquero y ayudas estructurales**

Recoge como fórmula de materialización de las bajas de buques pesqueros el hundimiento sustitutorio del desgüace.

**Artículo 6. Materialización de las bajas.**

1. La regla general para dar de baja en el Censo de la flota pesquera operativa a las unidades aportadas para la construcción de nuevos buques pesqueros será el desguace o hundimiento sustitutorio de desguace.

El hundimiento sustitutorio de desguace se autorizará exclusivamente para los buques de madera que cumplan los requisitos exigidos por la normativa vigente, y se llevará a término en los lugares debidamente prefijados por la autoridad competente.

Los desguaces y los hundimientos sustitutorios de desguace requerirán informe previo de la Secretaría General de Pesca Marítima del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

- **Real Decreto 1477/2004, de 18 de junio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Medio Ambiente.**

Establece las funciones de la Dirección General de Costas en el ámbito de las competencias del Ministerio de Medio Ambiente.

**Artículo 7. Dirección General de Costas.**

1. Bajo la supervisión del Secretario General para el Territorio y la Biodiversidad, la Dirección General de Costas ejerce las siguientes funciones:

- a. La redacción, realización, supervisión, control e inspección de estudios, proyectos y obras de defensa, protección y conservación de los elementos que integran el dominio público marítimo-terrestre y, en particular, los de adecuación sostenible de las playas, sistemas dunares y humedales litorales.
- b. La gestión integrada, en el ámbito de lo establecido en las directivas europeas y en la normativa española, y la tutela del dominio público marítimo-terrestre, así como su policía y la de las servidumbres legales de su competencia, y, en particular, las relativas a la obtención, modificación y extinción de los títulos necesarios para la ocupación o aprovechamiento del dominio público marítimo-terrestre.
- c. La participación en la representación del ministerio en los organismos internacionales y el seguimiento de los convenios internacionales en las materias de su competencia.

### 1.3. Legislación Autonómica

#### **Andalucía**

- **Ley 1/2002, de 4 de Abril de ordenación, Fomento y Control de la Pesca marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina.**

Es la Ley marco de la actividad pesquera en aguas interiores en Andalucía. En su título II establece directrices para la explotación racional de los recursos encomendándose a la Consejería de Agricultura y Pesca el establecimiento de las medidas adecuadas de conservación, recuperación y fomento de los mismos, entre las que se incluyen los arrecifes artificiales. Define, asimismo las zonas marítimas protegidas y las reservas de pesca, que se convierten en figuras de gran importancia para la protección y regeneración de los caladeros andaluces.

**TÍTULO II. EXPLOTACIÓN RACIONAL DE LOS RECURSOS PESQUEROS EN AGUAS INTERIORES.**

**CAPÍTULO II. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS.**

**Artículo 7. Medidas de protección y recuperación.**

1. La Consejería de Agricultura y Pesca establecerá medidas de protección, siendo éstas las que afectan de modo directo al medio en el que se desarrollan los recursos pesqueros. Se consideran incluidas en estas medidas, entre otras, las siguientes:

- a. El establecimiento, definición y regulación de zonas o de fondos vedados a la actividad pesquera, con carácter temporal o permanente, o reservados de forma preferente o exclusiva, a modalidades de pesca selectivas.
- b. La declaración y regulación de zonas marítimas protegidas.
- c. La instalación de arrecifes artificiales de protección.

2. Así mismo, establecerá medidas de recuperación dirigidas a la regeneración, desarrollo y fomento de los recursos pesqueros. Se consideran incluidas en estas medidas las siguientes:

- a. Las acciones de repoblación con siembras controladas de especies que sean de interés pesquero.
- b. La adecuación de los caladeros y el acondicionamiento del medio.
- c. La instalación de arrecifes artificiales de producción orientados a favorecer la reproducción y propagación de las especies en su entorno.
- d. El establecimiento de planes de pesca que conlleven descansos de la actividad pesquera o de determinadas modalidades de pesca, cuando sirvan para la recuperación de determinadas especies.

- e. El uso de determinadas artes y prácticas de pesca selectivas que disminuyan los descartes de las especies pesqueras.

**Artículo 8. Otras medidas de protección.**

1. A los efectos de proteger y conservar los recursos marinos que puedan ser objeto de extracción, la Consejería de Agricultura y Pesca emitirá informe preceptivo previo a la resolución de las siguientes autorizaciones administrativas:

- a. Las autorizaciones administrativas para la realización de cualquier actividad, obra o instalación en aguas interiores que puedan afectar a los recursos pesqueros o al normal funcionamiento de la actividad pesquera.
- b. Las autorizaciones administrativas para toda clase de vertidos en aguas interiores, con objeto de valorar su incidencia en la calidad de las aguas.

2. Así mismo, se requerirá autorización, de la Consejería de Agricultura y Pesca, para la extracción de la flora marina en aguas interiores.

**Artículo 9. Zonas marítimas protegidas.**

1. La Consejería de Agricultura y Pesca podrá declarar como zonas marítimas protegidas aquellas áreas en las que sea aconsejable establecer una protección especial, por su interés para la preservación y regeneración de los recursos pesqueros. La declaración contendrá, como mínimo, la delimitación geográfica de la zona protegida, y las restricciones o prohibiciones en la misma al ejercicio de la actividad pesquera o cualquier otra, que afecten a la finalidad de estas medidas.

2. En todo caso, se entenderán como zonas marítimas protegidas las reservas de pesca, las zonas de arrecifes artificiales y las que sean objeto de repoblación.

**Artículo 10. Reservas de pesca.**

Con el objeto de proteger y regenerar los recursos pesqueros, podrán declararse como reserva de pesca aquellas zonas que, por su condición de área de reproducción, desove, cría y engorde de especies de interés pesquero, presenten condiciones diferenciadas para el desarrollo de los recursos pesqueros.

**Artículo 11. Arrecifes artificiales.**

Con objeto de proteger, regenerar y desarrollar los recursos pesqueros, la Consejería de Agricultura y Pesca efectuará la instalación de arrecifes artificiales en aguas interiores.

...

- **Decreto 361/2003, de 22 de diciembre, por el que se regula la pesca marítima de recreo en aguas interiores.**

Prohíbe la pesca marítima recreativa en los polígonos de arrecifes artificiales.

**Artículo 16. Zonas marítimas protegidas.**

Con la finalidad de garantizar la efectividad de las medidas de protección y conservación de los recursos pesqueros, la Consejería de Agricultura y Pesca, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9.1 de la Ley 1/2002, de 4 de abril, podrá prohibir la pesca de recreo en las zonas marítimas protegidas. Se entenderá, en todo caso, como Zonas Marítimas Protegidas las Reservas de Pesca, las Zonas de Arrecifes Artificiales y las que sean objeto de repoblación. En todo caso, no podrá llevarse a cabo la práctica de la pesca marítima de recreo submarina en los polígonos con arrecifes artificiales.

Todo ello, sin perjuicio de la necesidad de obtener las autorizaciones necesarias para el ejercicio de la pesca marítima de recreo en los espacios protegidos.

## Asturias

- **Ley 2/1993, de 29 de octubre, de Pesca marítima en aguas interiores y aprovechamiento de recursos marinos.**

Sólo recoge la necesidad de someter a autorización su instalación, sin aportar ningún detalle adicional.

### TÍTULO II. CULTIVOS MARINOS.

**Artículo 13. Arrecifes artificiales.**

La instalación de arrecifes artificiales con el propósito de proteger y potenciar zonas de especial interés ecológico o pesquero precisará autorización previa de la Consejería de Medio Rural y Pesca, sin perjuicio de la competencia que en esta materia tengan otros órganos o Administraciones Públicas.

## Baleares

- **Decreto 91/1997, de 4 de julio, de protección de los recursos marinos de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears.**

Se constituye como la herramienta legal que permite y regula las acciones adecuadas para asegurar el reclutamiento de las especies pesqueras y el mantenimiento de las comunidades biológicas necesarias para la proliferación de las mismas en las aguas interiores de la Comunidad Balear.

### **CAPITULO II. NORMAS DE ORDENACIÓN**

#### **Artículo 4. De los arrecifes artificiales**

Se entiende como arrecife artificial a los efectos de lo que se establece en este Decreto, el conjunto de elementos construidos con diversos materiales inertes y no contaminantes y de diversas formas, o bien los cascos de los buques de madera específicamente adaptados para tal finalidad, que cumpliendo las normas establecidas se instalen sobre una superficie del fondo marino previamente delimitada.

Se define como área de afección del arrecife aquel espacio del medio marino que incluye su zona de instalación y la columna de agua hasta la superficie que hay sobre éste.

Los arrecifes artificiales podrán disponer, cuando se considere adecuado, de un área de influencia a la que se extenderán las medidas de protección. Ésta será, como mínimo, de 200 metros por fuera del perímetro de los polígonos de arrecifes.

#### **Artículo 5. Condiciones especiales de los arrecifes**

Para la construcción de arrecifes artificiales queda expresamente excluido el uso de chatarra y otros materiales de desecho no específicamente autorizados.

Los cascos de buques, para poder ser hundidos habrán de cumplir lo siguiente:

1. Que el buque sea exclusivamente de madera.
2. Que esté limpio, sin el motor ni los equipos auxiliares de maquinaria ni los depósitos de combustible y aceites.
3. El casco habrá de ser lastrado con materiales no contaminantes que garanticen su inmovilización en el punto de fondeo, y sólo podrá ser hundido en zonas previamente declaradas por la CACI para este uso.

#### **Artículo 6. Tramitación de los arrecifes**

Las solicitudes para la instalación de arrecifes se dirigirán al Director General de Pesca y Cultivos Marinos y se presentarán en la CACI, en sus delegaciones o en cualquiera de los registros previstos en el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, junto con la documentación siguiente:

1. Una fotocopia del DNI y del NIF, en su caso, una del DNI de la persona representante. Si se trata de sociedades, se adjuntará una copia de la constitución o modificación, una de los estatutos o reglamentos inscritos en el registro correspondiente, y también un certificado del acuerdo adoptado por el órgano de gobierno de la entidad para solicitar la autorización.
2. La concesión de ocupación del dominio público marítimo-terrestre, de acuerdo con lo que establece la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
3. Proyecto técnico, compuesto de: memoria, anexos, planos y presupuesto, con dos copias.
4. Memoria de los efectos biológicos, que contendrá:
  - Análisis de la situación actual de la zona.
  - Evaluación de los efectos que se pretenden obtener con la instalación de los arrecifes.
  - Propuesta de medidas adicionales de protección.
5. Memoria de impacto ambiental.

La CACI solicitará a los organismos que corresponda los informes oportunos en materia de defensa y navegación, los cuales serán emitidos en el plazo de cuarenta y cinco días, y resolverá el expediente en el plazo de tres meses previo informe del Servicio de Recursos Marinos. El silencio tendrá carácter negativo.

- **Decreto 92/2005, de 1 de septiembre, por el que se modifica el Decreto 91/1997, de 4 de julio, de protección de los recursos marinos de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears.**

Este Decreto modifica el Decreto 91/1997, de 4 de julio, de protección de los recursos marinos de la comunidad autónoma de las Illes Balears, ampliando los casos susceptibles de formar arrecifes artificiales y permitiendo también el hundimiento de barcos de fuselaje de metal con la finalidad de actuar como

estructuras que aumenten la diversidad espacial y, por lo tanto, regenerar y proteger los recursos marinos.

**Artículo único. Modificaciones del Decreto 91/1997, de 4 de julio, de protección de los recursos marinos de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears**

1. Se modifica el contenido del párrafo primero del artículo 4 del Decreto 91/1997, relativo a los arrecifes artificiales, que pasa a tener la redacción siguiente:

Se entiende como arrecife artificial a los efectos de lo que se establece en el presente Decreto el conjunto de elementos construidos con diversos materiales inertes y no contaminantes y de diversas formas, o bien los fuselajes de barcos de madera o de metal específicamente adaptados a tal finalidad, que, cumpliendo las normas establecidas, se instalen sobre una superficie del fondo marino previamente delimitada.

2. Se modifica el contenido del artículo 5 del Decreto 91/1997, relativo a las condiciones especiales de los arrecifes, que pasa a tener la redacción siguiente:

"Artículo 5. Condiciones especiales de los arrecifes

Para la construcción de arrecifes artificiales quedan expresamente excluidos los materiales de desecho no autorizados específicamente en el presente Decreto o en las órdenes que lo desarrollen.

Los fuselajes de barcos, para poder ser hundidos, deberán cumplir los puntos siguientes:

1. Deberán estar limpios, sin el motor ni los equipos auxiliares de maquinaria ni los depósitos de combustible y aceites.

2. El fuselaje tendrá que lastrarse con materiales no contaminantes que garanticen la inmovilización en el punto de fondeo, y sólo podrá hundirse en zonas previamente declaradas por la Consejería de Agricultura y Pesca para dicho uso."

3. Se modifica el contenido del apartado 2.h) del artículo 11 del Decreto 91/1997, relativo a las sanciones, que pasa a tener la redacción siguiente:

h) El hundimiento de barcos en condiciones distintas a las autorizadas.

## Canarias

- **Ley 17/2003, de 10 de Abril, de Ordenación, Fomento y Control de la Pesca marítima, el Marisqueo y la Acuicultura Marina.**

En el capítulo tercero del título II trata de fijar las medidas a adoptar para la conservación de los recursos pesqueros, y una de ellas es regular específicamente las zonas que necesitan de una protección singular por su especial interés para la preservación y regeneración de los recursos en aguas interiores del litoral marítimo de la Comunidad Autónoma de Canarias. En este marco se hace referencia a los arrecifes artificiales, sin desarrollarse un procedimiento específico

### **CAPÍTULO III. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y REGENERACIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS.**

#### **SECCIÓN I. ZONAS DE PROTECCIÓN PESQUERA.**

##### **Artículo 10. Concepto y clases.**

1. Son zonas protegidas de interés pesquero las declaradas como tales por la Comunidad Autónoma de Canarias por su especial interés para la preservación y regeneración de los recursos marinos, limitando en ellas las actividades extractivas de la fauna y flora marina y, en general, las perturbadoras del medio.

2. Dichas zonas podrán ser calificadas como:

- a. Reservas marinas de interés pesquero.
- b. Zonas de acondicionamiento marino.
- c. Zonas de repoblación marina.

3. En todo caso, se declararán como protegidos los fondos en los que existan praderas de fanerógamas marinas y, en particular, los seadales.

4. Se declararán también como protegidas, durante el tiempo de consolidación de sus efectos regeneradores, las áreas de instalación de arrecifes artificiales.

##### **Artículo 11. Declaración de zonas protegidas.**

1. La declaración de zonas protegidas se realizará reglamentariamente mediante decreto del Gobierno de Canarias, a propuesta de la consejería competente en materia de pesca, con el siguiente contenido mínimo:

- a. Delimitación geográfica del área protegida.
- b. Justificación de la declaración y del contenido del régimen de protección aplicable.

- c. Vigencia y revisión temporal de la declaración.
  - d. Prohibiciones y limitaciones de la actividad pesquera y marisquera, de carácter temporal o permanente, total o parcial, así como de otras actividades que puedan incidir sobre la zona protegida.
2. Será preceptiva, con carácter previo a la declaración, la emisión de informe por la consejería competente en materia de medio ambiente y ordenación del territorio y del cabildo insular.
  3. La declaración podrá contener otras medidas complementarias, respecto del área protegida y su entorno, de favorecimiento de la regeneración y de protección de los recursos marinos.

**Artículo 12. Reservas marinas de interés pesquero.**

1. Las zonas que, por sus singulares condiciones, precisen de una mayor protección de carácter general e integral para la regeneración de la fauna y flora constitutiva de los recursos pesqueros, serán declaradas reservas marinas de interés pesquero.
2. En el ámbito de las reservas marinas podrán delimitarse áreas o zonas con distintos niveles de protección.
3. En la declaración de una reserva marina de interés pesquero se fijarán los medios necesarios para garantizar el cumplimiento de las medidas que se establezcan.

**Artículo 13. Zonas de acondicionamiento marino.**

1. Se podrán declarar zonas de acondicionamiento marino con el fin de favorecer la protección, regeneración y desarrollo de los recursos pesqueros. En estas zonas se podrán realizar obras o instalaciones que favorezcan esta finalidad, entre las que pueden figurar los arrecifes artificiales.
2. Son arrecifes artificiales un conjunto de módulos o elementos de diferentes formas instalados en los fondos de las zonas de acondicionamiento marino, con la finalidad de favorecer la generación, atracción, concentración, desarrollo o protección de los recursos pesqueros. Podrán utilizarse como arrecifes artificiales los cascos de buque de madera específicamente adaptados para este fin.
3. La declaración de zona de acondicionamiento marino se hará de conformidad con la legislación en materia de ocupación del dominio público marítimo-terrestre y en la misma se establecerán las medidas de protección de la zona respecto al ejercicio o prohibición, en su caso, de la actividad pesquera, así como de cualquier otra actividad que pueda perjudicar esta finalidad.

...

- **Orden de 22 de junio de 1994, de la Consejería de Pesca y Transportes, por la que se establecen medidas dirigidas a la protección de los arrecifes artificiales instalados en la costa oriental de la isla de Lanzarote.**

**Primero.**

Queda terminantemente prohibida toda actividad pesquera, profesional o deportiva, así como la extracción de cualquier recurso vivo en las áreas definidas por las coordenadas geográficas indicadas seguidamente, durante un período de tres años contando a partir de la entrada en vigor de la presente Orden.

...

- **Ley 2/2002, de 27 de marzo, de Establecimiento de Normas Tributarias y de Medidas en Materia de Organización Administrativa y de Gestión, relativas al personal de la Comunidad Autónoma de Canarias y de carácter sancionador.**

**CAPÍTULO IV. Medidas en materia de regímenes sancionadores**

**SECCIÓN 2.a DEL RÉGIMEN SANCIONADOR EN MATERIA DE PESCA MARÍTIMA EN AGUAS INTERIORES, MARISQUEO Y ACUICULTURA**

**Artículo 21. De las infracciones en materia de pesca en aguas interiores y marisqueo.**

...

2. Infracciones graves.-A los efectos de la presente disposición, se consideran infracciones graves en materia de aguas interiores y marisqueo:

...

2.3 En lo relativo a los recursos marinos:

...

h) La instalación de arrecifes artificiales o el hundimiento de buques con tal finalidad sin autorización o en condiciones distintas a las autorizadas.

...

## Cantabria

No cuenta con legislación autonómica en materia de pesca marítima, al margen de la asignación de competencias de pesca en aguas interiores que contempla el artículo 24, relativo a competencias, de la Ley Orgánica 8/1981, Estatuto de Autonomía para Cantabria.

## Cataluña

- **Ley 1/1986, de 25 de febrero, de Pesca Marítima de Cataluña.**

No trata de forma específica los arrecifes artificiales, aunque en el título III, relativo al marisqueo y los cultivos marinos si se citan.

### **TÍTULO III. DEL MARISQUEO Y LOS CULTIVOS MARINOS.**

#### **Artículo 18.**

La autorización para construir biotopos artificiales requerirá el informe previo de los organismos competentes en materia de defensa, seguridad en la navegación, turismo y puertos y costas, así como el de los ayuntamientos afectados.

## Galicia

- **Ley 6/1993, de 11 de mayo, de Pesca de Galicia.**

Es la Ley marco de la actividad pesquera en aguas interiores en Galicia. Hace referencia a la competencia en materia de arrecifes artificiales, pero no incluye ningún desarrollo adicional.

### **CAPÍTULO II. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y OBJETO.**

#### **Artículo 6.**

La presente Ley tiene por objeto la regulación de las materias competencia de la Comunidad Autónoma relativas a la ordenación pesquera y la íntegra gestión económica de la misma. Deben considerarse incluidas en la ordenación pesquera, con carácter indicativo:

...

d. En materia de conservación y mejora de los recursos pesqueros:

- El establecimiento de zonas y épocas de veda y la fijación de fondos y arrecifes artificiales.
- ...

## Murcia

No existe legislación sectorial, hasta la publicación definitiva del anteproyecto de Ley de Pesca Marítima y Acuicultura de la Región de Murcia, aprobado por el gobierno de la Región el 15 de diciembre de 2.006.

## Pais Vasco

- **Ley 6/1998, de 13 de marzo, de pesca marítima.**

No incorpora ninguna regulación relativa a los arrecifes artificiales, aunque sí quedan citados los arrecifes como zonas que se regirán por una norma reguladora específica, quedando asimismo recogidos en el título II relativo a



ordenación y regulación como zonas vedadas a la pesca profesional y recreativa y en el correspondiente al régimen sancionador.

#### **TÍTULO I**

##### **CAPÍTULO PRIMERO. DISPOSICIONES GENERALES**

###### **Artículo 4.**

Las zonas que sean declaradas por el Gobierno Vasco áreas de reserva biológica, zonas vedadas, de arrecifes o zonas de especial protección se regirán por su norma reguladora.

#### **TÍTULO II. DE LA ORDENACIÓN Y REGULACIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA, MARISQUERA Y DE CULTIVOS MARINOS**

##### **CAPÍTULO PRIMERO**

###### **SECCIÓN PRIMERA: DE LA ACTIVIDAD PESQUERA**

###### **Artículo 17.**

Se prohíbe la pesca en las zonas del litoral debidamente delimitadas por la autoridad competente para la práctica del baño, en los puertos durante la maniobra de entrada y salida de embarcaciones, en los canales de navegación durante el tránsito de buques y en las zonas de reserva biológica, zonas vedadas, arrecifes artificiales, zonas de especial protección cuando lo determinan sus normas reguladoras, y todas aquellas zonas que reglamentariamente se señalen.

###### **SECCIÓN SEGUNDA: DE LA PESCA RECREATIVA**

###### **Artículo 22.**

1.- Se prohíbe la pesca recreativa en las zonas del litoral donde se esté ejerciendo reglamentariamente la pesca profesional y en aquellas zonas debidamente delimitadas por la autoridad competente para la práctica del baño o de cualquier otro deporte acuático, en los puertos durante la maniobra de entrada o salida de embarcaciones, en los canales de navegación durante el tránsito de buques, y en las zonas de reserva biológica, zonas vedadas, arrecifes artificiales o zonas de especial protección cuando lo determinen sus normas reguladoras.

#### **TÍTULO III DE LAS INFRACCIONES Y SANCIONES**

##### **CAPÍTULO PRIMERO. DE LAS INFRACCIONES**

###### **Artículo 51.**

Se consideran infracciones leves en materia de explotación de algas y argazos, marisqueo en la ribera de mar y de las rías, cultivos marinos y pesca de la angula a pie el incumplimiento de las normas sobre:

...

10.- La pesca en las zonas del litoral donde se esté practicando el baño o cualquier otro deporte náutico, en aquellas zonas debidamente delimitadas por la autoridad competente, en los puertos durante la maniobra de entrada y salida de embarcaciones, en los canales de navegación durante el tránsito de buques, y en las zonas de reserva biológica, zonas vedadas, arrecifes artificiales, zonas de especial protección cuando lo determinen las normas reguladoras y en todas aquellas en que reglamentariamente se señale.

###### **Artículo 55.**

...

2.- Serán infracciones graves el ejercicio de la pesca recreativa en zonas de reserva biológica, biotopos, zonas de especial protección o en los arrecifes artificiales cuando no esté autorizada; la tenencia a bordo o el empleo de artes, aparejos, instrumentos y equipos de pesca no autorizados; la negativa del patrón a parar, maniobrar o llevar a cabo otras acciones dirigidas a facilitar el acceso a bordo de la Inspección de Pesca, o a llevar la embarcación a puerto cuando fuere ordenado por las autoridades o agentes de vigilancia por ejercer la pesca de forma irregular, y el ejercicio de la pesca submarina en zonas de baño, zonas expresamente prohibidas o donde se esté practicando cualquier deporte acuático o competición deportiva.

#### **- Decreto 198/2000, de 3 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Pesca Marítima Recreativa.**

No incorpora ninguna regulación relativa a los arrecifes artificiales, salvo su consideración como zona vedada a la pesca con carácter general y el correspondiente régimen sancionador.

###### **Artículo 18. Artes, zonas y métodos prohibidos.**

...

3.- Zonas no autorizadas a la pesca recreativa de superficie:

...

d) En las zonas de veda, zonas de reserva biológica, biotopos, zonas de especial protección y en los arrecifes artificiales cuando lo determine su norma reguladora.

### **CAPÍTULO III. INFRACCIONES Y SANCIONES**

#### **Artículo 20. Infracciones.**

...

2. El artículo 55.2 establece que serán infracciones graves:

El ejercicio de la pesca recreativa en zonas de reserva biológica, biotopos, zonas de especial protección o en los arrecifes artificiales cuando no esté autorizada; ...

#### **DISPOSICIÓN ADICIONAL**

En las zonas declaradas por el Gobierno Vasco como áreas de reserva biológica, zonas vedadas, de arrecifes o zonas de especial protección se podrán establecer anualmente normas específicas para el ejercicio de la actividad pesquera, en cualquiera de sus modalidades, en función de la situación de los recursos.

## **Comunidad Valenciana**

- **Ley 9/1998, de 15 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de pesca marítima de la Comunidad Valenciana.**

Es la Ley marco de la actividad pesquera en aguas interiores en la Comunidad Valenciana. En su título III, además de prohibir la pesca recreativa en los arrecifes artificiales, algo que se hace en el capítulo II, dedica el capítulo III a las zonas protegidas de interés pesquero, incluyendo entre estas los arrecifes artificiales. Asimismo dedica los artículos 32 y 33 a definirlos, declarar la necesidad de una autorización expresa por parte de la Consellería competente en pesca y asumir el compromiso de promoverlos por parte de la Administración autonómica en aguas interiores. Por último en la disposición transitoria se declaran como zona protegida los arrecifes artificiales autorizados

### **TITULO III. DE LA PESCA MARÍTIMA EN AGUAS INTERIORES**

#### **CAPITULO II. DE LA PESCA MARÍTIMA DE RECREO**

##### **Artículo 29. Reglamentación**

...

2. En todo caso se prohíbe la práctica de la pesca submarina en las zonas de arrecifes artificiales y en un área circundante de trescientos metros.

#### **CAPITULO III. DE LAS ZONAS PROTEGIDAS DE INTERÉS PESQUERO**

##### **Artículo 30. Concepto**

1. Son zonas protegidas de interés pesquero del litoral marítimo de la Comunidad Valenciana las declaradas administrativamente, dentro de los límites de sus aguas interiores, por su especial interés para la preservación y regeneración de los recursos pesqueros, limitando en ellas las actividades extractivas de la fauna y flora marinas y en general las perturbadoras del medio.

2. En todo caso se declararán como protegidos los fondos de praderas de fanerógamas marinas.

3. Se declararán también como protegidas, durante el tiempo de consolidación de sus efectos regeneradores, las áreas de instalación de los arrecifes artificiales.

##### **Artículo 31. Declaración**

1. La declaración de las zonas protegidas, salvo lo dispuesto en el artículo siguiente, se realizará por decreto del Gobierno Valenciano, a propuesta de la Consellería competente en materia de pesca marítima, con el siguiente contenido mínimo:

a) Delimitación geográfica del área protegida.

b) Justificación de la declaración y del contenido del régimen de protección aplicable.

c) Vigencia y revisión temporal de la declaración.

d) Prohibiciones y limitaciones de la actividad pesquera y marisquera, de carácter temporal o permanente, total o parcial, así como de otras actividades que puedan incidir sobre la zona protegida.

e) En su caso, promoción de otras medidas complementarias, respecto del área protegida y su entorno, de favorecimiento de la regeneración de los recursos marinos.

2. Cuando las singulares condiciones del área a proteger y el elevado interés en la regeneración de los recursos pesqueros determinen una mayor protección, de carácter integral,

el decreto por el que se declare la zona de protección podrá calificarla como reserva marina de interés pesquero.

**Artículo 32. Arrecifes artificiales**

1. Son arrecifes artificiales las zonas marinas en cuyos fondos se instalan un conjunto de módulos o elementos de diferentes formas con el objeto de proteger, regenerar y desarrollar los recursos pesqueros.
2. La instalación de arrecifes artificiales requerirá autorización previa de la Conselleria competente en materia de pesca marítima, sin perjuicio de la concesión para la ocupación del dominio público otorgada por la administración competente.
3. En la autorización de la conselleria se declarará la protección del área de instalación del arrecife, con el contenido mínimo expresado en el artículo anterior, publicándose en el Diari Oficial de la Generalitat Valenciana.
4. Los módulos que componen los arrecifes se construirán con materiales duraderos, y de un peso suficiente que impida su desplazamiento.
5. Los módulos podrán ser de tres tipos:
  - a) De producción, con características morfológicas tales que existan cavidades que favorezcan la concentración y regeneración de los recursos pesqueros.
  - b) De protección, con salientes disuasorios para la pesca de arrastre.
  - c) Mixtos, que combinen las cavidades y los elementos disuasorios.

**Artículo 33. Instalación por la administración**

1. La administración pesquera de la Generalitat Valenciana promoverá la instalación de arrecifes artificiales, y para ello recabará y aportará ella misma los recursos económicos necesarios.
2. La decisión de la instalación de estos arrecifes por la propia administración pesquera valenciana se realizará en las mismas condiciones exigidas para su autorización a otros entes u órganos públicos y privados, debiendo contener la resolución la declaración exigida en el apartado 3 del artículo anterior.

**DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**Primera. Zonas actualmente protegidas**

1. Sin perjuicio de la adopción de las disposiciones o resoluciones necesarias para su mejor adecuación a lo dispuesto en el capítulo III del título III de la presente ley, se considerarán zonas protegidas de interés pesquero del litoral marítimo de la Comunidad Valenciana las zonas siguientes:

...

- d) Las zonas de los arrecifes artificiales autorizados en las aguas interiores de la Comunidad Valenciana en las que estén vigentes las medidas limitativas de la actividad pesquera, según relación que deberá publicarse en el Diari Oficial de la Generalitat Valenciana por resolución de la dirección general competente en materia de pesca marítima en el plazo de tres meses desde la entrada en vigor de esta ley.

- **Decreto 131/2000, de 5 de septiembre, del Gobierno Valenciano, por el que se establecen las normas sobre la pesca marítima de recreo de la Comunidad Valenciana.**

Prohíbe La pesca recreativa en arrecifes artificiales y un área circundante de de 300 metros.

**Artículo 8. Prohibiciones**

En el ejercicio de la pesca marítima de recreo queda expresamente prohibido:

...

- n) La pesca submarina en las zonas de arrecifes artificiales y en un área circundante de 300 metros.

## **2. Convenios internacionales**

Tanto en el Convenio de protección del Atlántico Nor Este (OSPAR) como en el Convenio para la protección del medio marino y la región costera del Mediterráneo (Convenio de Barcelona), se han establecido una serie de directrices para la instalación de arrecifes artificiales, que España, como parte contratante de ambos convenios, se ve obligada a cumplir.

- Las *Directrices Relativas a la Colocación en el Mar de Materiales con Fines Distintos de la Simple Eliminación*, (UNEP(DEC)/MED IG 16/8 20 de septiembre de 2005), es documento aprobado en la decimocuarta reunión ordinaria de las Partes Contratantes en el Convenio de Barcelona.
- La *OSPAR Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources*, resultaron del grupo de trabajo creado al efecto, siendo aprobadas en la reunión de 1999 de la Comisión OSPAR.

Ambos documentos, por su gran interés, se incluyen íntegramente como anexos al presente anejo.



Programa de las  
Naciones Unidas para  
el Medio Ambiente



UNEP(DEC)/MED IG 16/8  
20 de septiembre de 2005

ESPAÑOL  
Original: INGLÉS



**PLAN DE ACCIÓN PARA EL MEDITERRÁNEO**

Décimo cuarta reunión ordinaria de las Partes  
Contratantes en el Convenio para la protección  
del mar Mediterráneo contra la contaminación  
y sus Protocolos

Portoroz (Eslovenia), 8 a 12 de noviembre de 2005

**DIRECTRICES RELATIVAS A LA COLOCACIÓN EN EL MAR DE MATERIALES  
CON FINES DISTINTOS DE LA SIMPLE ELIMINACIÓN  
(CONSTRUCCIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES)**



# Índice

	Página
<b>PARTE A - PRESCRIPCIONES DEL PROTOCOLO SOBRE VERTIDOS Y DEL CONVENIO DE BARCELONA</b> .....	1
1. Introducción .....	1
2. Alcance .....	1
3. Definiciones y objetivo.....	2
<b>PARTE B - EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LAS OPERACIONES DE COLOCACIÓN EN EL MAR</b> .....	3
1. <b>Prescripciones relativas a la construcción y colocación</b> .....	3
1.1 Materiales .....	3
1.2 Diseño .....	3
1.3 Colocación.....	3
1.4 Evaluación de los efectos potenciales: hipótesis relativa a las posibles repercusiones.....	4
1.5 Experimentos científicos.....	6
1.6 Gestión y responsabilidades .....	6
1.7 Información.....	6
2. <b>Prescripciones relativas a la autorización de colocación de materiales en el mar</b> .....	6
2.1 Prescripciones relativas a la solicitud de un permiso .....	6
2.2 Criterios para la evaluación de una solicitud de permiso .....	6
2.3 Condiciones para la emisión de un permiso.....	7
2.4 Condiciones complementarias para la emisión de un permiso con respecto a un lugar de colocación existente .....	8
2.5 Procedimiento de consulta .....	8
<b>PARTE C - OPERACIONES DE SEGUIMIENTO CON RESPECTO A LA COLOCACIÓN EN EL MAR DE MATERIALES CON FINES DISTINTOS DE SU COLOCACIÓN</b> .....	10
1. <b>Definición</b> .....	10
2. <b>Objetivos</b> .....	10
3. <b>Control de calidad</b> .....	10
4. <b>Garantía de la calidad</b> .....	12
<b>ANEXO I - DIRECTRIZ RELATIVA A LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA PARA LA APLICACIÓN DE LOS PERMISOS DE COLOCACIÓN DE BUQUES, NAVES Y BOTES</b>	
1. <b>Utilización de la directriz</b> .....	14
2. <b>Sugerencias par la planificación del trabajo</b> .....	14
2.1 Reunión de información acerca del buque, la nave y el bote.....	14
2.2 Elaboración de un plan de trabajo para reducir los costos.....	15

## Índice (continuación)

	<b>Página</b>
2.3 Mantener la seguridad durante la limpieza.....	15
2.4 Preparación de las inspecciones.....	16
<b>3. Notas generales sobre recuperación y reciclaje .....</b>	<b>16</b>
<b>4. Notas generales sobre la seguridad personal durante la limpieza y las inspecciones .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Notas sobre la estabilidad del buque, la nave o el bote durante las operaciones de limpieza y las etapas de tránsito .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Limpieza de la cisterna .....</b>	<b>19</b>
<b>7. Limpieza de compartimentos con sentinas .....</b>	<b>20</b>
<b>8. Medidas aplicables a las tuberías y los accesorios .....</b>	<b>20</b>
<b>9. Limpieza de la maquinaria montada .....</b>	<b>21</b>
9.1 Motores de combustión .....	21
9.2 Caja de engranajes .....	22
9.3 Otra maquinaria.....	22
<b>10. Sugerencias sobre el manejo de los desechos .....</b>	<b>23</b>
10.1 Recuperación .....	23
10.2 Desechos y residuos .....	23



## **PARTE A - PRESCRIPCIONES DEL PROTOCOLO SOBRE VERTIDOS Y DEL CONVENIO DE BARCELONA**

### **1. Introducción**

Con arreglo al artículo 4.1 del Protocolo sobre Vertidos, el depósito de desechos u otros materiales en el mar está prohibido.

Al artículo 3(4b) del Protocolo sobre Vertidos modificado excluye de la definición de 'depósito' la colocación de materiales con fines distintos de la simple eliminación a condición de que, si la colocación persigue un objetivo distinto del objetivo para el que estaba concebido o construido inicialmente el material, este objetivo se ajuste a las disposiciones pertinentes del Protocolo.

A este respecto, las 'disposiciones pertinentes del Convenio' incluyen las obligaciones generales que figuran en el artículo 4, en particular la obligación de que las Partes Contratantes adoptarán, de conformidad con las disposiciones del Convenio, todas las medidas posibles para evitar y eliminar la contaminación y proteger la zona marina contra los efectos adversos de las actividades humanas con el fin de salvaguardar la salud humana y de conservar los ecosistemas marinos y, cuando sea posible, restablecer las zonas marinas que han sido adversamente afectadas (artículos 4.2, 4.3). Más concretamente, las disposiciones del artículo 5 del Convenio, que impone la obligación de que:

Las Partes Contratantes adopten todas las medidas adecuadas para evitar, reducir y en la mayor medida de lo posible ampliar la eliminación de la contaminación de la zona del mar Mediterráneo causada por vertidos desde buques y aeronaves o la incineración en el mar.

Además, de conformidad con el artículo 6 del Protocolo sobre Vertidos, el permiso a que se hace referencia en el artículo 5 solamente se emitirá después de un meticuloso examen de los factores indicados en el anexo al Protocolo sobre Vertidos. El artículo 6.2 prescribe que las Partes Contratantes establecerán y adoptarán criterios, directrices y procedimientos para la colocación de los materiales.

Estas directrices se preparan de conformidad con el artículo 3(4,b) del Protocolo sobre vertidos modificado en 1996. Su objetivo es prestar asistencia a las Partes Contratantes en:

- a) el examen de las consecuencias para el medio marino de la colocación de arrecifes artificiales en el lecho del mar. La construcción de arrecifes artificiales es un ejemplo de 'colocación' y las directrices que siguen contienen elementos que son pertinentes para un amplio conjunto de otros acontecimientos en el litoral y frente a la costa que tienen la posibilidad potencial de causar efectos adversos en el entorno marino y que, en consecuencia, deben estar sometidos al control de autoridades nacionales adecuadas.
- b) el cumplimiento de sus obligaciones con respecto a la cuestión de los permisos para el depósito de materiales.
- c) la transmisión a la Organización de datos fiables sobre la aportación de materiales abarcados por el Protocolo sobre Vertidos.

### **2. Alcance**

Los arrecifes artificiales se utilizan en las aguas litorales de muchas regiones del mundo para todo un conjunto de aplicaciones de gestión costera. La creación de arrecifes artificiales en las zonas marítimas sigue estando en sus comienzos. Entre los usos que ha examinado la comunidad científica figuran los siguientes:

- reducir las inundaciones y la erosión costera;
- facilitar los derechos de anclaje protegido para buques y botes pequeños;
- establecer un hábitat para pesquerías de crustáceos (p. ej., langostas) particularmente en conjunto con la repoblación de peces jóvenes;
- suministrar un sustrato para cultivo de algas o moluscos;
- proporcionar medios de restringir la pesca en zonas donde las poblaciones necesitan protección;
- crear zonas de agrupación de peces para la pesca, los pescadores de caña deportistas y el buceo;
- sustituir los hábitats en zonas en las que determinados sustratos están amenazados;
- mitigar la pérdida de hábitat en los demás lugares (p. ej., como consecuencia de la restauración de las tierras);
- producir recursos marinos.

### **3. Definiciones y objetivo**

Un arrecife artificial es una estructura sumergida situada en el fondo del mar deliberadamente para imitar algunas características de un arrecife natural. Podría estar en parte expuesta a algunas etapas de la marea.

Estas directrices se refieren a las estructuras construidas específicamente para la protección, regeneración, concentración y/o aumento de la producción de recursos marinos vivos, sea para la pesca o para la conservación de la naturaleza. Esto incluye la protección y regeneración de los hábitats.

Cualquier autorización para la creación de un arrecife artificial debe especificar claramente los objetivos para el que puede haberse creado.

## **PARTE B- EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LAS OPERACIONES DE COLOCACIÓN EN EL MAR**

### **1. Prescripciones relativas a la construcción y colocación**

#### **1.1 Materiales**

Los arrecifes artificiales deben construirse a partir de materiales inertes. A los efectos de estas directrices, son los que no causan contaminación por lixiviación, resistencia física o química a la intemperie y/o actividad biológica. La resistencia física o química de las estructuras puede provocar un aumento de las exposiciones de organismos sensibles a los contaminantes y producir efectos ambientales adversos.

Los materiales utilizados para la construcción de arrecifes artificiales permanentes serán forzosamente voluminosos, por ejemplo, material geológico (es decir, rocas), hormigón o acero.

Para la construcción de arrecifes artificiales no se deben utilizar materiales que constituyan desechos u otras materias cuyo depósito en el mar esté de otro modo prohibido.

#### **1.2 Diseño**

Los módulos de arrecifes artificiales se suelen montar sobre la tierra a menos que consistan exclusivamente en materiales naturales colocados de una forma no modificada.

Los materiales elegidos para la construcción de arrecifes artificiales tendrán que ser de una fuerza técnica suficiente, tanto como unidades individuales o como una estructura global para soportar las tensiones físicas del medio marino y no romperse, causando potencialmente graves problemas de interferencia en una amplia zona del lecho del mar.

Los arrecifes artificiales deben asimismo construirse e instalarse de una forma que garantice que las estructuras no serán desplazadas o derribadas por la fuerza de equipos remolcados, olas, corrientes o procesos de erosión para que sus objetivos se alcancen en todo momento.

Los arrecifes artificiales deben estar concebidos y contruidos de forma que puedan ser retirados, si ello es necesario.

El diseño del arrecife artificial debe procurar lograr sus objetivos con una ocupación mínima de espacio y de interferencia con los ecosistemas marinos.

#### **1.3 Colocación**

La colocación de los arrecifes artificiales se debe realizar teniendo debidamente en cuenta cualquier actividad legítima que esté en curso o prevista en el sector de interés, como la navegación, el turismo, las actividades recreativas, la pesca, la acuicultura, la conservación de la naturaleza o la administración de la zona costera.

Antes de colocar un arrecife artificial, todos los grupos e individuos que puedan ser afectados o que estén interesados, deben ser informados de las características del arrecife artificial así como de su localización y profundidad de colocación. Se les debe dar la posibilidad de dar a conocer sus opiniones a su debido tiempo antes de su colocación.

El emplazamiento de un arrecife artificial propuesto y el momento de su construcción/colocación deben ser cuidadosamente estudiados por el órgano competente en una etapa inicial de la planificación, especialmente con respecto a:

- la distancia a la costa más cercana;
- los procesos que se producen en el litoral con inclusión del movimiento de sedimentos;
- las zonas recreativas y las atracciones del litoral;
- las zonas de desove y los viveros;
- las rutas conocidas de las migraciones de los peces o mamíferos marinos;
- las zonas destinadas a deportes y a la pesca comercial;
- las zonas de belleza natural o de importancia cultural, histórica o arqueológica;
- las zonas de importancia científica o biológica (p. ej., las zonas protegidas designadas de conformidad con la Directiva del Consejo 92/43/CEE sobre la conservación de los hábitats naturales y la flora y fauna silvestres y la Directiva del Consejo 79/409/CEE sobre la conservación de los pájaros y, con arreglo a las Convenciones o Convenios Internacionales o a la legislación correspondiente de otras Partes Contratantes, las zonas especialmente protegidas abarcadas por las disposiciones del Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo);
- las líneas marítimas o fondaderos;
- sitios designados para el emplazamiento marino;
- tuberías submarinas;
- zonas de exclusión militar, con inclusión de vertederos de pertrechos de guerra;
- usos técnicos del fondo del mar (p. ej., extracción minera en el fondo del mar potencial o en curso, cables submarinos, desalinación o lugares para la conversión de la energía).

Aunque en muchos casos el objetivo debe ser evitar conflictos con los intereses más arriba indicados, los objetivos de la gestión de un arrecife artificial podrían estar orientados directamente a la intervención, como oponerse al uso de determinados tipos de arte de pesca.

Convendrá asimismo analizar la información sobre lo siguiente:

- profundidades del agua (máxima, mínima y media);
- influencia sobre la estratificación
- período de la marea;
- dirección y velocidad de las corrientes residuales;
- características del viento y de las olas;
- repercusión en la protección costera;
- influencia de la estructura en las concentraciones locales de sólidos en suspensión.

La autoridad competente debe velar por que la posición, la profundidad medida y las dimensiones del arrecife artificial se indiquen en las cartas náuticas. Además, la autoridad debe garantizar que se emitirá un aviso previo para avisar a los marinos y a los servicios de levantamientos hidrográficos del emplazamiento.

#### 1.4. Evaluación de los efectos potenciales: hipótesis relativas a las posibles repercusiones

La evaluación de los efectos potenciales debe permitir efectuar una declaración concisa de las consecuencias previstas en el mar, es decir, de la "Hipótesis sobre el Impacto". Ello

aporta una base para decidir si se aprueba o rechaza la opción propuesta sobre el emplazamiento y para determinar las prescripciones relativas al seguimiento ambiental.

La evaluación sobre la colocación debe integrar información sobre las características de los materiales, el estado del emplazamiento-lugar propuesto, las técnicas de colocación propuestas y la indicación de los efectos potenciales sobre la salud humana, los recursos vivos, las zonas recreativas y otros usos legítimos del mar. Se debe determinar la índole, las escalas temporal y espacial y la duración de las repercusiones previstas basándose en hipótesis razonablemente conservativas.

La evaluación debe ser la más completa posible. Se deben señalar las principales repercusiones potenciales durante el proceso de selección del emplazamiento-lugar. Estos aspectos se considera que representan las amenazas más graves para la salud humana y el medio ambiente. Las alteraciones del entorno físico, los riesgos para la salud humana, la devaluación de los recursos marinos y las interferencias con otros usos legítimos del mar a menudo se considera que constituyen las principales preocupaciones a este respecto.

Para establecer una hipótesis sobre el impacto, se debe prestar particular atención, aunque no exclusivamente, a las repercusiones potenciales sobre las zonas recreativas, las zonas sensibles (p. ej., las zonas de desove, cría o alimentación), el hábitat (p. ej., la modificación biológica, química y física), las modalidades migratorias y la comerciabilidad de los recursos. Se deben asimismo analizar las repercusiones potenciales sobre otros usos del mar, entre ellos, la pesca, la navegación, los usos técnicos, las áreas de interés y valor especiales y los usos tradicionales del mar.

Todos los materiales pueden producir diversos efectos físicos, químicos y biológicos. Las hipótesis sobre el impacto no pueden tratar de reflejarlos todos. Se debe reconocer que incluso la hipótesis más completa sobre los impactos no puede tener en cuenta todas las situaciones hipotéticas posibles como las repercusiones no previstas. Por consiguiente, es imperativo que el programa de seguimiento esté relacionado directamente con la hipótesis y que actúe como un mecanismo de retroalimentación para verificar las predicciones y examinar la adecuación de las medidas de gestión aplicadas a la operación de colocación y al lugar de colocación. Conviene indicar las fuentes y consecuencias de la incertidumbre. Los únicos efectos que requieren un examen detallado en ese contexto son las repercusiones físicas sobre la biota.

Las consecuencias previstas de la colocación se deben describir en función de los hábitats, procesos, especies, comunidades y usos afectados. El carácter preciso del efecto previsto (p. ej., el cambio, la reacción o la interferencia) debe describirse. El efecto debe cuantificarse de manera suficientemente detallada para que no quepa duda alguna en lo que respecta a las variables que se han de medir durante el seguimiento sobre el terreno. En último término, debe ser esencial determinar “dónde” y “cuándo” cabe esperar que se produzcan las repercusiones.

Se debe hacer hincapié en los efectos biológicos y en la modificación del hábitat así como en los cambios físicos y químicos. Conviene tener presente los factores siguientes:

- 1) los cambios físicos y los efectos físicos sobre la biota; y
- 2) los efectos sobre el transporte de sedimentos.

Cuando la hipótesis sobre el impacto indica cualquier repercusión transfronteriza, se debe iniciar un procedimiento de consulta con arreglo al párrafo 2.5.

## 1.5 Experimentos científicos

Puede ser necesario efectuar pruebas sobre la colocación en pequeña escala con fines científicos antes de proceder al despliegue completo para evaluar la adecuación de los arrecifes artificiales y la precisión de las predicciones de su repercusión en el medio marino local. A medida que se establecen arrecifes artificiales, se podrán realizar experimentos científicos. En estos casos la plena justificación a que se hace referencia en el artículo 3 puede no resultar posible o necesaria.

## 1.6. Gestión y responsabilidades

Las autorizaciones para construir arrecifes artificiales deben:

- a) especificar la responsabilidad de la aplicación de cualesquiera medidas de gestión y actividades de seguimiento requeridas y de la publicación de informes sobre los resultados de cualquiera de esos seguimientos;
- b) precisar el propietario del arrecife artificial y la persona responsable de atender a las reclamaciones por los daños futuros causados por esas estructuras y las disposiciones con arreglo a las cuales se podrán atender esas reclamaciones contra la persona responsable.

## 1.7 Información

Toda Parte Contratante que adopte una reglamentación, o una decisión individual, autorizando la creación de uno o más arrecifes artificiales debe informar a las demás Partes Contratantes, por intermedio del PAM, de esa medida y de las razones que la han inducido a adoptarla.

## **2. Prescripciones relativas a la autorización de colocación de materiales en el mar**

El Protocolo establece las prescripciones relativas al permiso para efectuar operaciones de colocación en el mar de una *única* actividad.

### 2.1 Prescripciones relativas a la solicitud de un permiso

Toda solicitud de un permiso tiene que contener datos e información en que se especifiquen:

- los tipos, cantidades y orígenes de los materiales que se van a colocar;
- el emplazamiento del lugar o lugares de la colocación;
- el historial de operaciones de colocación anteriores y/o actividades pasadas que han tenido repercusiones negativas sobre el medio ambiente;
- el método de colocación; y
- las disposiciones propuestas relativas al seguimiento y la presentación de informes.

### 2.2 Criterios para la evaluación de una solicitud de permiso

El artículo 6.1 del Protocolo estipula que se emitirá un permiso únicamente después de haber considerado meticulosamente los factores establecidos en los anexos al Protocolo, las directrices y los procedimientos adoptados por las Partes Contratantes.

Los arrecifes artificiales sólo se deben crear si, después de haber considerado debidamente todos los costos socioeconómicos y ambientales (p. ej., las repercusiones o alteraciones

indeseables), se puede demostrar que se obtiene un beneficio neto en relación con los objetivos definidos. En esa evaluación de los efectos potenciales (que puede ser una evaluación oficial sobre las repercusiones ambientales, si no se pueden excluir las repercusiones importantes), se deben seguir las etapas siguientes:

- a) se han de realizar estudios que aporten la información necesaria para evaluar:
  - las posibles repercusiones de la instalación de un arrecife artificial en la fauna y flora autóctonas y en el medio ambiente del sitio y en el entorno más amplio;
  - los beneficios que se prevé que se obtendrán de la instalación de un arrecife artificial;
- b) se deben indicar las mejores alternativas para el diseño y la colocación del arrecife artificial. En esta etapa, los beneficios de todas las opciones, con inclusión de que no se lleve a cabo ninguna actividad, se deben evaluar en relación con sus costos socioeconómicos y ambientales;
- c) antes de instalar un arrecife artificial, se deben realizar estudios de fondo para obtener datos de base para el seguimiento posterior de los efectos de un arrecife artificial en el medio marino.

Cuando la evaluación comparada revela que no se dispone de información suficiente para determinar los efectos probables de la opción de colocación propuesta, con inclusión de sus consecuencias nocivas potenciales a largo plazo, esta opción debería no seguir tomándose en consideración. Además, cuando el análisis de la evaluación comparada demuestra que la opción de colocación es menos preferible que otras opciones, no se debe emitir ningún permiso para la colocación.

Cada evaluación debe concluir con una declaración en apoyo de una decisión sea de emitir o de denegar un permiso para la colocación.

Se deben prever posibilidades de un examen y una participación del público en el proceso de evaluación del permiso.

### 2.3 Condiciones para la emisión de un permiso

Una decisión de emitir un permiso se debe fundar en los elementos suministrados por el estudio preliminar. Si la caracterización es insuficiente para la formulación de una *hipótesis sobre las repercusiones*, habrá que obtener información adicional antes de proceder a adoptar una decisión definitiva con respecto a la emisión de un permiso.

La decisión de emitir un permiso sólo se debe adoptar cuando se han completado todas las evaluaciones del impacto, teniendo en cuenta los criterios especificados y cuando se han determinado los requisitos del seguimiento. Las condiciones establecidas en el permiso deben ser tales que se garanticen, en la medida de lo posible, que las perturbaciones y el detrimento ambientales se han reducido al mínimo y que se han previsto los máximos beneficios.

De no poderse cumplir los criterios determinados, una Parte Contratante no debe emitir un permiso a menos que una evaluación detallada muestre que la colocación en el mar es, no obstante, la opción menos nociva. Cuando se llega a esa conclusión y se emite un permiso, la Parte Contratante debe adoptar todas las medidas prácticas necesarias para mitigar la repercusión de la operación de colocación en el medio marino.

Los reglamentadores deben procurar en todo momento aplicar procedimientos que garanticen que los cambios ambientales están lo más posible lejos de los límites de los cambios ambientales permisibles, teniendo en cuenta las capacidades tecnológicas y las consideraciones económicas, sociales y políticas.

La autoridad responsable de la emisión del permiso debe tener presente las conclusiones pertinentes de las investigaciones cuando especifiquen las prescripciones relativas al permiso.

#### 2.4 Condiciones complementarias para la emisión de un permiso con respecto a un lugar de colocación existente

La emisión de un permiso para la colocación de materiales en un lugar donde se llevaron a cabo actividades de colocación anteriores debe basarse en un examen exhaustivo de los resultados y objetivos de los programas de seguimiento vigentes. El proceso de examen aporta una información importante que pone en conocimiento de los órganos de decisión las repercusiones de otras actividades de colocación, y si se debe emitir un permiso para realizar nueva colocaciones en el lugar. Además, ese examen indicará si es preciso continuar, revisar o poner término al programa de seguimiento sobre el terreno.

#### 2.5 Procedimiento de consulta

Una Parte Contratante competente que esté considerando si para emitir un permiso de conformidad con el párrafo 1.1 de la Parte B de estas Directrices deberá iniciar este procedimiento de consulta por lo menos 32 semanas antes de cualquier fecha prevista para adoptar una decisión sobre esta cuestión enviando al PAM una notificación en la que figure:

- a) una evaluación preparada de conformidad con la Parte B de estas Directrices, con inclusión del resumen efectuado de conformidad con la Parte B de estas Directrices;
- b) una explicación del motivo por el que la Parte Contratante competente considera que se pueden cumplir los requisitos previstos en el párrafo 1.1 de la Parte B de estas Directrices;
- c) cualquier otra información que sea necesaria para que las demás Partes Contratantes analicen las repercusiones y la disponibilidad práctica de opciones de reutilización, reciclaje y colocación.

El PAM enviará de inmediato copias de la notificación a todas las Partes Contratantes.

Si una Parte Contratante desea oponerse a la emisión del permiso, o formular observaciones al respecto, deberá informar a la Parte Contratante que está considerando la emisión del permiso no más tarde de que transcurran 16 semanas a partir de la fecha en la que el PAM distribuyó la notificación a las Partes Contratantes, y remitirá una copia de la objeción o de las observaciones al PAM. Toda objeción deberá explicar el motivo por el que la Parte Contratante que la está oponiendo considera que el caso considerado no satisface las prescripciones del párrafo 1.1 de la Parte B de estas Directrices. Esa explicación estará respaldada por argumentos científicos y técnicos. El PAM distribuirá todas las objeciones o comentarios a las demás Partes Contratantes.

Las Partes Contratantes deberán tratar de resolver por medio de consultas cualesquiera objeciones formuladas de conformidad con el párrafo anterior. Tan pronto como sea posible, después de esas consultas, y en cualquier caso no más tarde de que hayan transcurrido 22 semanas desde la fecha en la que el PAM distribuyó la notificación a las Partes Contratantes, la Parte Contratante que propone emitir el permiso comunicará al PAM el



resultado de las consultas. El PAM transmitirá de inmediato la información a todas las demás Partes Contratantes.

Si las consultas no resuelven la objeción, la Parte Contratante que la presentó podrá, con el apoyo de por lo menos otras dos Partes Contratantes, solicitar al PAM que organice una reunión especial de consulta para examinar las objeciones planteadas. Esa solicitud se efectuará a más tardar al término de las 24 semanas que siguen a la fecha en que el PAM distribuyó la notificación a las Partes Contratantes.

El PAM organizará esa reunión especial de consulta, que se habrá de celebrar en un plazo de seis semanas a partir de su solicitud, a menos que la Parte Contratante que examina la cuestión de un permiso acceda a una prórroga. La reunión estará abierta a todas las Partes Contratantes, al explotador de la instalación en cuestión y a todos los observadores ante el PAM. La reunión se concentrará en la información suministrada de conformidad con el párrafo 1 de la Parte A de estas Directrices. El presidente de la reunión será el Coordinador del PAM o una persona designada por el Coordinador del PAM. Toda duda con respecto a los acuerdos previstos para la reunión será resuelta por el presidente de la reunión.

El presidente de la reunión preparará un informe sobre las opiniones manifestadas en la reunión y cualesquiera conclusiones a que se haya llegado. Ese informe se remitirá a todas las Partes Contratantes en un plazo de dos semanas a partir de la conclusión de la reunión.

La autoridad competente de la Parte Contratante pertinente podrá adoptar una decisión de emitir un permiso en cualquier momento posterior:

- a) al cabo de 16 semanas a partir de la fecha de envío de las copias con arreglo al apartado 2 del procedimiento de consulta, si no hay objeciones al final de ese período;
- b) al cabo de 22 semanas a partir de la fecha de envío de las copias con arreglo al apartado 2 del procedimiento de consulta, si cualesquiera objeciones se han resuelto por consultas mutuas;
- c) al cabo de 24 semanas a partir de la fecha de envío de las copias con arreglo al apartado 2 del procedimiento de consulta, si no se ha presentado ninguna solicitud de una reunión especial de consulta;
- d) a raíz de la recepción del informe de la reunión especial de consulta del presidente de esa reunión.

Con arreglo al capítulo 6 de la Parte A de estas Directrices, la autoridad competente de la Parte Contratante pertinente examinará tanto las opiniones como cualesquiera conclusiones registradas en el informe de la reunión especial de consulta, y cualesquiera opiniones manifestadas por las Partes Contratantes durante el procedimiento.

Se enviarán a todas las Partes Contratantes copias de todos los documentos de conformidad con este procedimiento y se remitirán igualmente a los observadores que han presentado una solicitud permanente a este respecto al PAM/MEDPOL.

## **PARTE C - OPERACIONES DE SEGUIMIENTO CON RESPECTO A LA COLOCACIÓN EN EL MAR DE MATERIALES CON FINES DISTINTOS DE SU COLOCACIÓN**

### **1. Definición**

A los efectos de evaluar y reglamentar las repercusiones ambientales de las operaciones de colocación, el seguimiento se define como la medición repetida de un efecto, ya sea directo o indirecto, sobre el medio marino y/o interferencias con otros usos legítimos del mar.

El programa de seguimiento debe tener por objeto establecer y evaluar las repercusiones ambientales y/o los conflictos del arrecife artificial con otros usos legítimos de la zona marítima o partes de ella. En función del resultado de ese seguimiento, puede ser necesario realizar alteraciones en la estructura o considerar la conveniencia de su retirada. En el caso de colocaciones que requieren períodos largos de tiempo (años), el seguimiento debe efectuarse simultáneamente a la construcción para influir en la modificación del arrecife, de ser necesario.

### **2. Objetivos**

Para llevar a cabo el programa de seguimiento de una manera eficaz en función de los recursos, es fundamental que los objetivos del programa estén claramente definidos. Las observaciones de seguimiento exigidas en el lugar de colocación deben corresponder a dos categorías básicas:

- las investigaciones realizadas antes de la colocación y destinadas a contribuir a la selección del lugar o a confirmar que el lugar elegido es adecuado; y
- estudios posteriores a la colocación destinados a verificar que:
  - las condiciones del permiso se han cumplido; este proceso se designa como *seguimiento de cumplimiento*; y
  - las hipótesis realizadas durante la emisión del permiso y los procesos de elección del sitio son válidas y adecuadas para evitar efectos ambientales adversos como consecuencia de la colocación; este proceso se describe como un *seguimiento sobre el terreno*, y los resultados de esos exámenes sirven de base para modificar los criterios de emisión de un nuevo permiso para futuras operaciones de colocación en sitios de colocación existentes y propuestos.

El objetivo último del seguimiento es evaluar los efectos de la actividad de colocación en el entorno biótico y abiótico.

### **3. Control de calidad**

El control de calidad se define como las técnicas y actividades operativas que se utilizan para cumplir los requisitos relativos a la calidad. Entre estos cabe mencionar los criterios del seguimiento y las Directrices, los métodos de muestreo, las localizaciones y frecuencias de las muestras, y los procedimientos de presentación de informes.

Antes de que se elabore y aplique cualquier programa de seguimiento, habrá que tener en cuenta las siguientes cuestiones relacionadas con el control de la calidad:

- ¿Qué hipótesis verificables se pueden derivar de la hipótesis relativa a la repercusión?
- ¿Qué grado de exactitud debe tener la medición?

- ¿Cuál es el objetivo del seguimiento de una variable particular o de un efecto físico, químico o biológico?
- ¿En qué compartimentos y en qué localidades se pueden efectuar mediciones con mayor eficacia?
- ¿Durante cuánto tiempo se deben efectuar las mediciones para alcanzar los objetivos definidos?
- ¿Con qué frecuencia se deben llevar a cabo las mediciones?
- ¿Cuál debe ser la escala temporal y espacial de las mediciones para poner a prueba las hipótesis relativas al impacto?
- ¿Cómo se deben administrar e interpretar los datos procedentes del programa de seguimiento?

Las observaciones de seguimiento se refieren normalmente a las características físicas, químicas y biológicas del sitio de la colocación.

- Las observaciones físicas consisten en estudios hidrológicos de las propiedades de la masa de agua, como la temperatura, la salinidad y la densidad, en toda la columna de agua y extendidas horizontalmente a toda la región que es probable que se vea afectada por la colocación de materiales.
- Las observaciones químicas realizadas en el lugar de la colocación y en torno a él tienen que estar relacionadas con el tipo de material de que se trate. En general, cuando no es posible eliminar todo el material potencialmente contaminante antes de la colocación y cabe, por consiguiente, esperar que se produzcan efectos químicos, es preciso realizar análisis adecuados en la microcapa de superficie del mar, que constituye una zona biológica extremadamente activa en la que tienden a acumularse un amplio conjunto de sustancias químicas, como los metales pesados y las sustancias solubles en petróleo. Es preciso igualmente realizar observaciones químicas en el mar donde, aunque no estén presentes en los materiales colocados en cantidades o concentraciones importantes, pueden acumularse, debido a su carácter persistente, sea en el lecho del mar o en comunidades bénticas en las proximidades del lugar de colocación.
- La frecuencia de las observaciones biológicas debe reflejar la escala de la operación de colocación y el grado de peligro para los recursos potenciales. Cuando se espera que se produzcan efectos físicos en el lecho del mar, puede ser necesario realizar una evaluación de la biomasa y productividad del fitoplancton y el zooplancton antes de la colocación para tener una visión general de la zona. Las observaciones del plancton inmediatamente después de la colocación pueden contribuir a determinar si se han producido efectos graves. El seguimiento de la flora y fauna béntica y epibéntica es probable que resulte más informativo debido a que tienden a estar sometidas no sólo a la influencia de la columna de agua situada encima y de cualesquiera cambios que se produzcan en ella, pero también a cambios en los materiales geológicos inertes e inorgánicos resultantes de los sólidos presentes en el desecho.

El seguimiento con posterioridad a la colocación debe tener por objeto determinar:

- si la zona de repercusión difiere de la zona sobre la que se hacen predicciones; y
- si la amplitud de los cambios fuera de la zona de repercusión difiere de los previstos.

El primer aspecto se puede determinar mediante la designación de una secuencia de mediciones en el espacio y el tiempo con miras a lograr que la escala espacial proyectada

de cambio no se exceda. El segundo aspecto puede determinarse por medio de mediciones que aporten información sobre el grado del cambio producido fuera de la zona de repercusión como resultado de la operación de colocación. Estas mediciones se basan a menudo en una hipótesis nula, es decir, cuando no cabe detectar ningún cambio importante.

La extensión espacial de la muestra depende de la dimensión de la zona designada para la colocación. Sin embargo, se debe reconocer que variaciones a largo plazo se producen como resultado de causas puramente naturales y que puede resultar difícil distinguirlas de los cambios inducidos artificialmente, en particular en relación con las poblaciones de organismos.

Cuando se considera que los efectos es probable que sean en gran parte físicos, el seguimiento se puede basar en métodos remotos (p. ej., mediciones acústicas, sonar de exploración lateral). Se debe reconocer, no obstante, que algunas mediciones sobre el terreno serán siempre necesarias para la interpretación de las imágenes de detección remota.

Se deben preparar informes concisos sobre las actividades de seguimiento y ponerse a disposición de los interesados pertinentes y otras partes interesadas. Los informes deben indicar de manera pormenorizada las mediciones efectuadas, los resultados obtenidos y la manera en que esos datos están relacionados con los objetivos del seguimiento y confirman la hipótesis relativa al impacto. La frecuencia de la presentación de informes dependerá de la escala de la operación de colocación, la intensidad del seguimiento y los resultados obtenidos.

#### **4. Garantía de la calidad**

La garantía de la calidad se puede definir como todas las actividades planificadas y sistemáticas realizadas para suministrar una confirmación adecuada de que las actividades del seguimiento están cumpliendo todas las prescripciones relativas a la calidad.

Los resultados de las actividades de seguimiento se deben revisar a intervalos regulares en relación con los objetivos para que puedan servir de base para:

- modificar o concluir el programa de seguimiento sobre el terreno;
- modificar o revocar el permiso de colocación;
- redeterminar o cerrar el sitio de colocación; y
- modificar la base para evaluar el permiso de colocación en el mar Mediterráneo.

Los resultados de cualquier revisión de las actividades de seguimiento se deben comunicar a todas las Partes Contratantes que participaron en esas actividades.

Se alienta a las autoridades que conceden las licencias que tomen en consideración las conclusiones pertinentes de la investigación con miras a la modificación de los programas de seguimiento.

## **ANEXO I**

### **DIRECTRIZ RELATIVA A LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA PARA LA APLICACIÓN DE LOS PERMISOS DE COLOCACIÓN DE BUQUES, NAVES Y BOTES**



## 1. Utilización de la directriz

Esta directriz se debe leer conjuntamente con el artículo 4(4b) del Protocolo sobre Vertidos y las Directrices para la colocación en el mar con fines distintos al emplazamiento (construcción de arrecifes artificiales). Se elaboró a los efectos de la limpieza de los buques sólo cuando se ha emitido un permiso para el emplazamiento de un buque con fines a la construcción de un arrecife artificial.

El presente documento ofrece orientación, sobre la base de observaciones y experiencias, sobre la manera de realizar una tarea o de cumplir un requisito de las Directrices para la colocación en el mar con fines distintos de su emplazamiento (construcción de arrecifes artificiales).

## 2. Sugerencias para la planificación del trabajo

### 2.1 Reunión de información acerca del buque, la nave y el bote

Varias partes de la Directriz requieren que se suministre información relativa al buque, la nave o el bote a la autoridad designada. Si no se dispone de esta información, la organización encargada de la operación de limpieza o el solicitante del permiso tendrá que establecer parte o la totalidad de la información, normalmente a un costo considerable. Como condición de la compra del buque, la nave o el bote, los solicitantes del permiso tendrán que obtener de su propietario los siguientes datos y certificados (emitidos por autoridades competentes):

- los certificados de asbesto, que indican que el buque, la nave o el bote están libres de asbesto, o en los que se especifica el emplazamiento del asbesto que sigue existiendo en el buque, la nave o el bote;
- los certificados relativos a los bifenilos policlorados, que indican que el buque, la nave o el bote están libres de estos productos o en los que se detalla el emplazamiento de los BPC que siguen existiendo en el buque, la nave o el bote;
- para los buques de guerra y las naves auxiliares un certificado de "libre de municiones" expedido por las autoridades de defensa;
- en lo que respecta a los buques de guerra y las naves auxiliares, el buque, la nave y los botes que han sido utilizados como buques de investigación, y otros buques, naves y botes que pueden haber trasladado materiales radioactivos, un certificado de inspección de las radiaciones;
- un certificado de que los refrigerantes y los clorofluorocarbonos han sido eliminados de los sistemas del buque;
- otros certificados relativos a la eliminación/incorporación de equipo, componentes o productos;
- información sobre los materiales peligrosos que se han dejado en el buque, la nave o el bote;
- información sobre la pintura del casco exterior, con inclusión del tipo de pintura, información técnica detallada sobre la pintura y fecha de aplicación;
- información sobre la maquinaria, la disposición del compartimento y el depósito, de ser posible en forma de un diseño sobre la disposición general o un diagrama sobre el compartimento de lucha contra incendios;

- información sobre los combustibles transportados y utilizados por el buque, la nave y el bote.

## 2.2 Elaboración de un plan de trabajo para reducir los costos

Las dos principales operaciones (recuperación y limpieza) normalmente se superpondrán y podrán efectuarse paralelamente en diferentes partes del buque, la nave o el bote. La experiencia ha demostrado que es trascendental, desde una perspectiva económica, disponer de un plan global en el que se especifiquen las actividades que se han de realizar. En el pasado la falta de elaboración y utilización de un plan, ha originado varias repeticiones de las mismas operaciones de limpieza o la incapacidad de recuperar determinados componentes debido a problemas de acceso o a falta de tiempo. Como los fondos de que se dispone para proyectos suelen ser limitados, para la viabilidad del proyecto conviene que no se malgasten los esfuerzos o que se pierdan las posibilidades de obtener fondos gracias a la recuperación. La Autoridad Designada no relajará los requisitos establecidos en la orientación debido a que el solicitante o el contratista de la limpieza no haya organizado de manera adecuada el trabajo. Las operaciones de recuperación y limpieza que puedan considerarse un éxito desde una perspectiva económica así como ambiental han requerido un amplio esfuerzo de planificación.

En general las operaciones de recuperación deben realizarse en primer lugar, procurando reducir al mínimo los escombros y la contaminación con hidrocarburos u otros productos que tendrán que limpiarse en una fecha posterior. La experiencia indica que se precisa una estrecha vinculación entre los esfuerzos de recuperación y de limpieza. Operaciones de recuperación anteriores que no han tomado en consideración operaciones posteriores de limpieza han dado origen a enormes necesidades de limpieza.

La limpieza normalmente sería la última operación en la continuidad de la actividad. En cualquier sección dada, la limpieza comenzaría normalmente en la parte superior del compartimento o cisterna y procedería hacia abajo hasta el pantoque .

A partir de los esfuerzos anteriores se han elaborado los principios generales siguientes:

- ocuparse de grandes concentraciones de petróleo y productos peligrosos al principio de la operación;
- mantener los compartimentos limpios y realizar esfuerzos concertados para evitar el derramamiento durante las operaciones de recuperación y limpieza;
- considerar la conveniencia de retirar, en lugar de limpiar, maquinaria y tuberías fuertemente contaminadas. La retirada suele ser mucho más rápida y permite reducir considerablemente los esfuerzos de limpieza al mejorarse el acceso y al reducirse al mínimo el chorreo y la filtración;
- mantener una fuerte presencia de personal de gestión del proyecto en el lugar.

## 2.3 Mantener la seguridad durante la limpieza

La seguridad del buque, la nave y el bote y los lugares circundantes debe tenerse en cuenta en el plan de limpieza y recuperación. La experiencia indica que las cuestiones de seguridad no son estáticas y requieren una atención constante durante toda la vida del proyecto. Sin embargo, para ayudar a los solicitantes y velar por la seguridad, se recomienda que se tengan en cuenta las cuestiones siguientes:

Seguridad pública: El buque, la nave o el bote sometido a operaciones de recuperación son lugares peligrosos. Se debe evitar que el público penetre accidental o incidentalmente en el interior del



buque, la nave o el bote, y del sitio donde se efectúa la limpieza.

**Seguridad de la recuperación:** Esta operación está estrechamente vinculada a la cuestión de la seguridad pública. Inevitablemente, algunos miembros del público tratarán activamente de obtener un ingreso ilegal en el sitio y en el buque, la nave o el bote. Esta cuestión de seguridad exige una vigilancia constante y evaluaciones repetidas.

El seguro de responsabilidad se debe asimismo tomar en consideración:

**Responsabilidad ambiental:** Algunos de los materiales retirados del buque, la nave o el bote podrían llegar a ser una responsabilidad ambiental importante si fueran mal administrados, perturbados o vertidos. No se debe dejar que los materiales se acumulen en el sitio. El personal participante en las operaciones de limpieza y recuperación deben estar conscientes de las responsabilidades de la debida diligencia ambiental.

Es sumamente recomendable que se disponga de una cámara segura (para instrumentos, partidas de recuperación valiosas, artículos que son potencialmente peligrosos, etc.).

#### 2.4 Preparación de las inspecciones

En circunstancias normales el responsable solicitará un mínimo de tres semanas de aviso para organizar una inspección por una autoridad designada. Se prevé que se efectuarán dos inspecciones de todas las deficiencias que se corregirán en la inspección segunda y última. Si se requieren inspecciones posteriores, éstas probablemente entrañarán otros gastos que se cargarán directamente al solicitante del permiso.

El equipo de inspección estará constituido por el responsable de la autoridad designada, más cualquier funcionario especializado de apoyo necesario. El solicitante del permiso debe velar por que el personal superior del equipo de limpieza y el equipo de recuperación, si se trata de una organización diferente, se encuentren en el lugar para efectuar la inspección o las inspecciones. Este personal debe acompañar a la autoridad designada durante la inspección para que sea posible un examen completo de todas las conclusiones. La autoridad designada puede, pero no está obligada a, formular sugerencias relativas a la actividad de limpieza. Cuando es posible corregir pequeños descubrimientos en el curso de la inspección, la autoridad designada podrá, si el tiempo lo permite, reinspeccionar el descubrimiento particular.

Es preciso prestar particular atención a las cuestiones del acceso y de la seguridad del personal. La autoridad designada tiene que inspeccionar cada parte del buque, la nave y el bote sin incurrir en un riesgo indebido para el personal. Las condiciones de falta de seguridad señaladas en la sección 8.3 de la Directriz deben evitarse mediante la operación de limpieza y recuperación.

### **3. Notas generales sobre recuperación y reciclaje**

Una proporción notable de la mayoría de los buques, naves y botes es normalmente recuperable desde el punto de vista económico. Entre los productos que se han recuperado y vendido intactos en proyectos anteriores de limpieza y recuperación cabe mencionar generadores de diesel y equipo conexo, diversos tipos de casilleros, anclas y cadenas, escotillas y puertas herméticas, muebles y determinado equipo de cocina. Las válvulas,

especialmente las de diámetro grande, constituyen otra fuente potencial de ingresos. Según el voltaje y la frecuencia empleados en el buque, la nave o el bote, los motores pueden constituir otra fuente de ingresos. La diferencia entre valor “de uso” y valor de chatarra puede ser considerable. Se estimula a los contratistas de recuperación y limpieza que busquen activamente mercados para el equipo usado y las distintas herramientas.

El equipo que no tiene actualmente un mercado puede, no obstante, tener un valor de chatarra basado en la materia prima. Comúnmente entre los metales encontrados que pueden ser recuperables cabe mencionar los siguientes:

- Latón:** Este metal está habitualmente fundido y se encuentra en hélices, cajas de válvulas, cajas de refrigeradores y diversos moldeos de maquinaria.
- Bronce:** El bronce se suele encontrar en forma de pieza fabricada a máquina. Entre las piezas que es probable hallar en un buque, nave o bote cabe mencionar las placas de tubo de refrigeradores, válvulas pequeñas, guarniciones decorativas, cubiertas rasas para válvulas y diversos componentes de maquinaria.
- Cobre-níquel:** El cobre-níquel se utiliza ampliamente en sistemas de tuberías marítimas, y se emplea comúnmente como material de tubería en refrigeradores y condensadores. En la industria marina son habituales las categorías de 90-10 (las más comunes) y 70-30 grados.
- Aluminio:** La mayor parte del aluminio se presenta en forma de láminas, placas o refuerzos. Puede formar parte de una amplia variedad de piezas, entre ellas casilleros, mesas de trabajo, literas y estanterías. El aluminio estructural se ha utilizado en algunos buques, naves y botes para reducir al mínimo el peso de la cofa y se aplica comúnmente en mástiles y en cabinas de cubierta.
- Cobre:** El cobre se aplica en cables eléctricos, tubos de pequeño diámetro (manómetros de presión), motores, generadores y diversos accesorios eléctricos. La recuperación del cobre suele ser un proceso equilibrado en términos económicos.
- Acero inoxidable:** El acero inoxidable se aplica habitualmente en forma de láminas o placas y es común en los lugares dedicados a la preparación y suministro de alimentos, instalaciones médicas, compartimentos de la cubierta superior y algunos accesorios exteriores.

Aunque la recuperación del acero no suele resultar económica, en muchos casos resultará más barato y más eficaz en general retirar y reciclar las tuberías y el equipo de acero. Esta es una estrategia particularmente eficaz cuando el esfuerzo para limpiar el material in situ es considerable, o el material podría causar problemas de acceso al equipo encargado de la limpieza.

#### **4. Notas generales sobre la seguridad personal durante la limpieza y las inspecciones**

Se aconseja a los contratistas de operaciones de limpieza y recuperación que sus actividades en el barco, el buque o el bote y en el lugar circundante estén sometidas a las prescripciones nacionales.

## **5. Notas sobre la estabilidad del buque, la nave o el bote durante las operaciones de limpieza y las etapas de tránsito**

Las operaciones relacionadas con la recuperación, la limpieza y el acceso al buceo tienen la posibilidad potencial de repercutir de manera adversa en la estabilidad del buque, la nave o el bote. Esta puede ser una cuestión importante, especialmente si el buque, la nave o el bote tienen que trasladarse al lugar de su hundimiento. La falta de consideración de la estabilidad intacta o dañada durante las operaciones podría producir un zozobramiento prematuro y descontrolado y/o el hundimiento del buque, la nave o el bote. Esta situación es totalmente evitable.

Se aconseja a las organizaciones que se lanzan a proyectos de atracción de buceo con escafandra que obtengan los servicios de un arquitecto naval que esté registrado en la provincia para practicar como ingeniero profesional, revisar los planes de recuperación y prestar servicios como un consultor en materia de estabilidad.

Entre las cuestiones que es preciso tomar en consideración durante la fase de planificación figuran, entre otras, las siguientes:

**Eliminación de peso:** La eliminación de peso repercutirá en el centro de gravedad y, por consiguiente, en la estabilidad del buque, la nave o el bote. En general, la eliminación de peso en la parte inferior del buque (barras de lastres, tuberías de sentina, etc.) tiene una repercusión negativa en la estabilidad, mientras que la eliminación de peso en la parte superior del buque tiene una repercusión positiva en la estabilidad.

**Aperturas en el casco:** A menudo las aperturas en el casco son necesarias para las operaciones de recuperación, pero presentan un riesgo de inundación. Las aperturas en el casco deben estar situadas muy por encima de la línea de flotación. Los solicitantes de permisos deben prestar una meticulosa atención a las rupturas del casco, especialmente si el buque, la nave o el bote tienen que trasladarse después de que se hayan producido las aperturas del casco. El solicitante del permiso debe tener presente el bamboleo natural del buque, la inclinación, la inestabilidad y la posibilidad de encontrarse con situaciones de alta mar.

**Integridad del estancamiento:** La integridad interna del estancamiento puede no formar parte de las directrices del diseño inicial en el momento de disponer del buque, la nave o el bote y se ve a menudo comprometida por la actividad de recuperación.

**Efectos en la superficie libre:** La superficie libre puede ser un problema si se permite que los fluidos se acumulen en sentinas, o si las cisternas se mantienen parcialmente llenas.

La estabilidad del buque, la nave y el bote deben tomarse en consideración como parte integrante del plan de recuperación y limpieza. El solicitante del permiso debe estar constantemente consciente de las condiciones de estabilidad del buque, la nave y el bote y estar preparado para adoptar medidas con el fin de mejorar la estabilidad del buque, la nave y el bote, cuando sea necesario.

## 6. Limpieza de la cisterna

Existen varios métodos aceptados y ampliamente utilizados para limpiar las cisternas de combustible y petróleo. El mejor método utilizado dependerá del tipo de hidrocarburos que contiene la cisterna, la cuantía de residuos en la cisterna y el volumen de cualesquiera depósitos y residuos duros o persistentes. En general, los combustibles de baja calidad requerirán un mayor esfuerzo de limpieza. Análogamente, las cisternas de hidrocarburos sucios o contaminados de agua requerirán un mayor esfuerzo de limpieza.

Al proceder a la limpieza de las cisternas, los factores que habrá que tomar en consideración son las prescripciones de la Directriz, la maquinaria y los recursos disponibles y el método o las disposiciones de que se dispone para tratar los residuos de la limpieza. Es posible que sea necesario experimentar diversos métodos de limpieza para descubrir el que funcionará en las circunstancias particulares del caso. Cuando se prevé que la limpieza será compleja o difícil el solicitante del permiso debe pensar en la posibilidad de obtener los servicios de un contratista profesional de limpieza de las cisternas. Entre las opciones que existen para limpiar las cisternas cabe mencionar las siguientes:

Limpieza mecánica:

La limpieza mecánica entraña la eliminación mecánica del lodo y los fluidos restantes y la limpieza de todas las superficies con materiales absorbentes de hidrocarburos. Aunque es costosa en términos de mano de obra, limita la extensión de la contaminación y reduce al mínimo la producción de fluidos cuya eliminación es costosa.

Lavado con vapor o agua caliente: Este método es bastante eficaz aunque requiere un equipo especial y genera grandes volúmenes de agua oleosa. Si se contempla este método, la organización debe tener un plan para tratar el agua aceitosa que cumpla los reglamentos locales y la *Ley nacional sobre navegación*. Los agentes activos superficialmente (o los jabones) no son recomendados, ya que tienden a emulsionar cualquier hidrocarburo presente y a hacer excepcionalmente difícil tratar el agua aceitosa. Esto probablemente elevaría los costos de eliminación más de lo necesario. En cisternas en las que las cargas de las plataformas y los laterales están razonablemente libres de contaminación, el agua a presión puede causar una contaminación importante de esas superficies por lo demás limpias debido a salpicaduras, la brumosisidad o el caudal de menguante.

Lavado con disolvente:

El lavado con disolvente puede ser una opción cuando se presentan depósitos excepcionalmente tenaces o láminas de agua. Obsérvese que el disolvente empleado tendrá que ser posteriormente eliminado y que todo el producto líquido generado requerirá una manipulación y eliminación especiales. En casos aislados, especialmente cuando se han almacenado combustibles de baja graduación, puede ser necesario recurrir a métodos mejorados para limpiar la cisterna como los disolventes ultrasónicos o especiales.

Puede resultar ventajoso emplear los tres métodos en cualquier buque, nave o bote dado, en función de la naturaleza y el emplazamiento de la contaminación. En general, la limpieza

mecánica debería ser el primer método que se ha de probar, seguido del lavado con agua caliente o vapor y luego el lavado con disolvente en situaciones excepcionalmente difíciles de limpieza.

Sea cual sea el método que se emplee, el efluente y el desecho se deben recolectar y tratar. Si los volúmenes son considerables se requerirán los servicios de un camión para bombear mientras que si las cantidades son menores se pueden manejar en barriles. Se debe actuar con meticulosidad en las operaciones de transferencia para evitar derrames. Si se han de transferir grandes cantidades de hidrocarburos o de líquidos contaminados con hidrocarburos se deberá considerar la conveniencia de un puntal de carga en torno al buque, la nave o el bote.

## **7. Limpieza de compartimentos con sentinas**

La limpieza de las sentinas frecuentemente resulta complicada por el mal acceso causado por tuberías, rejillas y equipo. Durante la fase de planificación el contratista de la limpieza debe examinar con suma meticulosidad la cuestión del acceso. En muchos casos es más barato y más fácil retirar los elementos interpuestos (especialmente cuando están sucios o contaminados) que tratar de limpiar los elementos y la sentina adyacente.

Las sentinas, una vez limpias, son muy vulnerables a la recontaminación. Los contratistas deben estar conscientes de los siguientes tipos de situaciones que han creado problemas en el pasado.

- Las tuberías, las válvulas y los accesorios en las redes de hidrocarburos seguirán rezumando durante cierto tiempo después del drenaje inicial. Estas goteras pueden – a lo largo de un breve período de tiempo – producir un considerable esfuerzo de repetición del trabajo. Las goteras deben ser capturadas siempre que sea posible.
- Los contenedores utilizados para la limpieza son vulnerables al vuelco, especialmente si la base no es segura y la luz es deficiente a menudo en el buque, la nave y los botes que se están preparando al hundimiento. Los cubos deben retirarse cuando se han utilizado o, si se han empleado para recoger goteras, vaciarse con regularidad.
- No se debe permitir que el agua penetre en las sentinas a menos que forme parte de una campaña de limpieza planificada. En general el agua complica la limpieza de las sentinas porque debe manejarse como agua residual oleosa.

En general la forma de abordar y los métodos utilizados para limpiar las sentinas son similares a los aplicados para la limpieza de las cisternas.

## **8. Medidas aplicables a las tuberías y los accesorios**

Los contratistas deben señalar las tuberías y los accesorios que contienen combustibles, aceites y agua oleosa como parte de la planificación de la actividad. Si no se dispone de diseños del buque, será necesario elaborar esta información in situ. Las autoridades por lo general dan por supuesto que las tuberías han contenido hidrocarburos a menos que se hayan señalado claramente como parte de una red que no contiene hidrocarburos, o cuando existan pruebas evidentes que indican que las tuberías no forman parte de una red de hidrocarburos (p. ej., las tuberías que llevan el agua de mar a los enfriadores, las tuberías que llevan agua potable a espacios domésticos). En cuanto a las Directrices, se dará por supuesto que en las sentinas las tuberías están contaminadas con aceite a menos que se pruebe que están limpias.

## 9. Limpieza de la maquinaria montada

La limpieza de la maquinaria montada es un proceso largo y difícil. Siempre que es posible, la maquinaria montada se debe vender en el mercado de maquinaria usada o retirarse para su reciclaje.

El método general para limpiar los motores/generadores diesel, las cajas de artefactos, los compresores, etc., es similar. El plan de limpieza debe especificar los fluidos y demás contaminantes que se encuentran en la máquina que se ha de retirar. Se debe actuar con cuidado para captar los fluidos con el fin de evitar la necesidad de una nueva limpieza. Los tipos de fluidos no se deben mezclar, porque ello puede incrementar los costos de eliminación. Los grandes depósitos de fluidos se deben en primer lugar drenar, pasando a continuación a las acumulaciones más pequeñas en los bastidores de maquinaria, las tuberías y accesorios. La fuerza de la gravedad ayudará a recoger los fluidos a lo largo de un período de tiempo, y el plan de limpieza debe prever un período adecuado de drenaje. El período exacto requerido variará en función de las limpiezas internas de la maquinaria, la longitud y el tamaño de las tuberías, la viscosidad del fluido y la temperatura. Como los aceites y combustibles seguirán rezumando durante varios días o semanas, los planes de limpieza deben reconocer la necesidad de recuperar la infiltración durante este período con el fin de reducir al mínimo la contaminación subsidiaria de las sentinas, los soportes y plataformas, los conjuntos de tuberías, etc. A continuación figura una orientación general con respecto a determinado equipo.

### 9.1 Motores de combustión

**Sistema externo de petróleo:** Drenar el colector de lubricación. Determinar todas las canalizaciones externas de petróleo, los refrigeradores y otros accesorios. Abrir y drenar estos componentes. Después del drenaje, se debe considerar la conveniencia de retirar estos elementos del buque, la nave y el bote para evitar derrames de las conexiones. Retirar todos los filtros de aceite y los elementos de filtraje, los medidores de la presión y las líneas del verificador.

**Sistema de combustible:** Retirar todos los inyectores de combustible. Determinar todas las líneas externas de presión del combustible, y volver a colocar las líneas y los accesorios. Abrir y drenar estos elementos. Después del drenaje, se debe considerar la conveniencia de retirar estos elementos del buque, la nave y el bote para evitar que esas conexiones rezumen. Retirar todos los filtros de combustible y depuradores, los medidores de la presión y las líneas del verificador. Abrir y drenar todos los reguladores.

**Elementos internos del motor:** Abrir todas las portezuelas de seguridad, las puertas de registro, los tableros de acceso al mantenimiento, etc. En algunos motores puede ser conveniente cerrar además las aperturas de acceso. Sacar las partes superiores y limpiarlas a fondo, o drenar y retirar del buque, la nave o el bote – obsérvese que las partes superiores pueden tener un valor de recuperación según el tipo de motor y su estado. Abrir todas las canalizaciones y galerías internas de petróleo. Retirar las bombas de petróleo o abrirlas y limpiarlas para inspección. Abrir los soportes de cojinete y limpiarlos. Abrir el turbo sobrealimentador o los cojinetes del sobrealimentador.

Llegados a este punto, suele ser conveniente dejar abierto el principal colector del sumidero para tener un mejor acceso. Limpiar frotando las superficies internas del motor. Si el motor rezuma de manera persistente ello indica que existe una acumulación de petróleo o combustible que hace falta investigar.

Sistema de enfriamiento: Drenar todo el agua tratada.

## 9.2 Caja de engranajes

Las cajas de engranaje pueden estar aisladas del equipo o integradas en una pieza de la maquinaria. La característica en común es un circuito de aceite lubricante. Considerado inicialmente como “un circuito externo de aceite” en relación con los motores de combustión.

Ábranse todas las tapas y los paneles de acceso. En la mayor parte de los casos será necesario cortar más a fondo el acceso a los agujeros para permitir que el interior de la caja de cambios se pueda limpiar de manera adecuada. Ábranse todas las líneas internas de aceite. Abrir los soportes de cojinete (especialmente los situados en un plano horizontal), si existen bolsas de acumulación de petróleo. La autoridad designada tendrá necesidad de supervisar por lo menos una apertura de cojinete para evaluar la construcción. Retirar o drenar los rociadores del lubricante del engranaje. Limpiar frotando todas las superficies.

## 9.3 Otra maquinaria

Otra maquinaria, a menudo designada como maquinaria auxiliar, puede analizarse en dos amplias clasificaciones a los efectos de la limpieza. El primer grupo está constituido por la maquinaria que no emplea lubricación de aceite y no contiene grasa distinta de los elementos rodantes herméticos de los cojinetes. Estas máquinas por lo general no necesitan una limpieza de hidrocarburos a menos que se emplearan para bombear combustible o aceite, o que tengan grandes depósitos de grasa. Entre las piezas de maquinaria típicas que no suelen requerir limpieza se incluyen las pequeñas bombas de agua y los ventiladores.

La segunda clasificación amplia de la maquinaria es el equipo que utiliza aceite lubricante, o que contiene grasas fuera de los cojinetes herméticos. Si bien la maquinaria auxiliar (compresores de aire, compresores refrigerantes, bombas de circulación, turbinas de vapor, etc.) varía considerablemente en lo que respecta a sus fines y a los detalles de construcción, las piezas individuales se pueden tratar de una manera similar durante la limpieza. Cualquier fluido utilizado que se base en hidrocarburos o que sea de algún modo peligroso (p. ej., clorofluorocarbonos) se debe retirar primero y dejar abierto el extremo de la bomba. Los sistemas acoplados de aceite lubricante deben limpiarse según se señala en el encabezamiento “sistema externo de lubricante” en la sección del motor de combustión. Si está ajustada una caja de engranajes, se debe tratar como se indica en la sección relativa a las cajas de engranajes. La experiencia indica que los sumideros de aceite en las pequeñas piezas de maquinaria siempre tendrán que dejarse abiertos para permitir un acceso adecuado para la limpieza. Límpiense frotando todas las superficies aceitosas internas.

Las conexiones empacadas con grasa, prensaestopas, los engranajes de cadena, los engranajes de tornillo sin fin etc., deben por lo general estar abiertos, a menos que respondan a la exención restrictiva de las “pequeñas cantidades” de la Directriz. Suele ser preferible que la grasa sea eliminada por medios mecánicos, aunque en algunos casos de acceso muy reducido (como los anillos de pistola), puede ser necesario recurrir al lavado con vapor o disolvente.

El conocimiento básico de las máquinas y una comprensión del objetivo del equipo específico habitualmente permiten que la operación de limpieza resulte más eficiente.

## **10. Sugerencias sobre el manejo de los desechos**

Las operaciones de recuperación y limpieza generan una gran cantidad de materiales que es necesario retirar del buque, la nave y el bote.

### **10.1 Recuperación**

El plan de recuperación y limpieza debe tratar por separado diversos tipos de recuperación y desperdicios. Se deben separar con meticulosidad los metales para el reciclaje, dado que la contaminación con otros metales, o con residuos, reducirá considerablemente el valor de recuperación. Los barriles pueden ser tomados en consideración como materiales de recuperación, pero el acceso debe estar controlado. Los materiales que se depositan en barriles de recuperación deben estar limpios y desprovistos de hidrocarburos u otros productos. El incumplimiento de esta Directriz puede crear dificultades para controlar la escorrentía contaminada en el sitio.

### **10.2 Desechos y residuos**

Los materiales peligrosos deben ser cuidadosamente separados de la corriente normal de desechos para evitar la contaminación de esa corriente normal, cuya contaminación produciría grandes costos para eliminar toda la cantidad de materiales peligrosos.

Los desechos líquidos representan problemas especiales de manipulación para los equipos de limpieza. Los aceites y combustibles recuperados pueden utilizarse con fines de calentamiento del lugar o del buque, la nave o el bote, si son adecuados, pero habitualmente otros líquidos tendrán que ser procesados por medio de contratistas de desechos peligrosos para los que se haya otorgado una licencia. Para mantener los costos de eliminación controlados, los líquidos de desecho no se deben mezclar y se debe pegar a los contenedores una etiqueta con toda la información disponible sobre el producto. El almacenamiento de líquidos y su traslado en torno al sitio deben estar estrictamente controlados. Los derramamientos originarán costos de limpieza importantes y requerirán que los organismos reguladores les presten atención. El control de la escorrentía desde sitios de almacenamiento provisional representa un problema y debe abordarse en el plan de limpieza. Una zona cubierta con un suelo impermeable y una zanja de saneamiento es sumamente recomendada y puede ser exigida por las autoridades locales.

Las prescripciones relativas a los desechos sólidos varían de una provincia a otra y a veces de un municipio a otro. Las prescripciones y restricciones locales deben determinarse durante la fase de planificación. Entre otras cuestiones que deben considerarse cabe mencionar la eliminación de materiales utilizados absorbentes de aceites, el aislamiento sin amianto, la fibra prensada, las baldosas, el linóleo y los refuerzos, las alfombras y los muebles.

Será preciso aislar una zona para drenar las tuberías de hidrocarburos y combustibles, las guarniciones, etc. Esto se debe llevar a cabo en una zona cubierta y a menudo es preferible llevarla a cabo en un compartimento del buque, la nave o el bote aislado a esos efectos.



OSPAR CONVENTION FOR THE PROTECTION OF THE MARINE ENVIRONMENT OF THE  
NORTH-EAST ATLANTIC

MEETING OF THE OSPAR COMMISSION

KINGSTON UPON HULL: 21-24 JUNE 1999

---

**OSPAR Guidelines on Artificial Reefs  
in relation to Living Marine Resources <sup>1</sup>**

**(Reference number: 1999 -13)**

**1. Introduction**

1. Artificial reefs are used in coastal waters in many regions of the world for a range of coastal management applications. The development of artificial reefs in the maritime area is still in its infancy. Among the uses being examined by the scientific community are:

- reduction of flooding and coastal erosion;
- providing sheltered anchorages for shipping and small boats;
- development of habitat for crustaceans fisheries (e.g. lobsters), particularly in conjunction with juvenile restocking;
- providing substrate for algae or mollusc cultivation;
- providing means of restricting fishing in areas where stocks are in need of protection;
- creating fish aggregation areas for fisheries, sport anglers and diving;
- replacing habitats in areas where particular substrates are under threat;
- mitigation for habitat loss elsewhere (e.g. consequence of land reclamation);
- production of marine resources.

2. These guidelines were adopted in pursuance to Article 6 of Annex II and Article 10(d) of Annex III of the OSPAR Convention. Their purpose is to assist Contracting Parties in considering the consequences for the marine environment of the placement of artificial reefs on the seabed. Construction of artificial reefs is one example of 'placement' and the guidelines that follow contain elements that are relevant for a wide range of other coastal and offshore developments that have potential to cause adverse effects in the marine environment and that, therefore, should fall under the control of appropriate national authorities.

3. Article 1(g)(ii) of the OSPAR Convention excludes from the definition of 'dumping' the placement of matter for a purpose other than the mere disposal provided that, if the placement is for a purpose other than that for which the matter was originally designed or constructed, it is in accordance with the relevant provisions of the Convention.

4. In this regard the 'relevant provisions of the Convention' include the general obligations in Article 2, in particular the obligation that Contracting Parties shall, in accordance with the provisions of the Convention, take all possible steps to prevent and eliminate pollution and to protect the marine area against the adverse effects of human activities so as to safeguard human health and to conserve marine ecosystems and, when practicable, restore marine areas which have been adversely affected (Article. 2.1(a)). More specifically, the provisions of Article 5 of Annex II and Article 8 of Annex III which require:

---

<sup>1</sup> Reservation from Norway.

- (i) authorisation or regulation by the competent authority of the Contracting Parties;
- (ii) that construction of an artificial reef shall not be taken to permit the dumping otherwise prohibited;
- (iii) observance of the relevant applicable criteria, guidelines and procedures adopted by the Commission under Article 6 of Annex II and Article 10(d) of Annex III, respectively.

5. In addition to the provisions of these Guidelines, it may be necessary to prepare a formal 'Environmental Impact Assessment' in support of the proposal to fulfil the requirements of parallel legislation (e.g. Council Directive 85/337/EEC on environmental impact assessment as amended by Council Directive 97/11/EC).

6. When designing or constructing artificial reefs, due consideration should be given to relevant national and international legislation and agreements applicable to other areas e.g. waste, nature conservation and fisheries.

## **2. Definition and Purpose**

7. An artificial reef is a submerged structure placed on the seabed deliberately, to mimic some characteristics of a natural reef. It could be partly exposed at some stages of the tide.

8. These guidelines address those structures specifically built for protecting, regenerating, concentrating and/or increasing the production of living marine resources, whether for fisheries or nature conservation. This includes the protection and regeneration of habitats.

9. Any authorisation for the creation of an artificial reef should identify clearly the purposes for which it may be created.

## **3. Justification and Cost/Benefit Analysis**

10. Artificial reefs should only be established if, after due consideration of all socio-economic and environmental costs (e.g. undesirable impacts or alteration), a net benefit can be demonstrated, in relation to the defined objectives. In such assessment of potential effects (which may have to be a formal environmental impact assessment if major impacts cannot be ruled out) the following steps should be followed:

- a. studies should be carried out that yield the information required to assess:
  - possible impacts of the installation of an artificial reef on the indigenous fauna and flora and the environment of the site and the wider surroundings;
  - the benefits expected to be obtained from the installation of an artificial reef;
- b. the best alternatives for the design and placement of the artificial reef should be identified. At this stage, the benefits of all options including that of no action should be assessed in relation to their socio-economic and environmental costs;
- c. before installing an artificial reef, baseline studies should be conducted to provide benchmark data for the subsequent monitoring of the effects of an artificial reef on the marine environment.

## **4. Requirements for Construction and Placement**

### **4.1 Materials**

11. Artificial reefs should be built from inert materials. For the purpose of these guidelines, inert materials are those which do not cause pollution through leaching, physical or chemical weathering and/or biological activity. Physical or chemical weathering of structures may result in increased exposures for sensitive organisms to contaminants and lead to adverse environmental effects.

12. Materials used for the construction of permanent artificial reefs will of necessity be bulky in nature, for example geological material (i.e. rock), concrete or steel.

13. No materials should be used for the construction of artificial reefs which constitute wastes or other matter whose disposal at sea is otherwise prohibited.

### **4.2 Design**

14. Modules for artificial reefs are generally built on land unless they consist solely of natural materials placed in an unmodified form.

15. The materials chosen for the construction of artificial reefs will need to be of sufficient engineering strength, both as individual units and as an overall structure to withstand the physical stresses of the marine environment and not break up, potentially causing serious interference problems over a wide area of seabed.

16. Artificial reefs must also be constructed and installed in such a way as to ensure that the structures are not displaced or overturned by force of towed gears, waves, currents or erosion processes for their objectives to be fulfilled at all times.

17. Artificial reefs should be designed and built in such a way that they could be removed, if required.

18. The design of the artificial reef should strive to achieve its objectives with minimum occupation of space and interference with the marine ecosystems.

### **4.3 Placement**

19. The placement of artificial reefs should be done with due regard to any legitimate activity underway or foreseen in the area of interest, such as navigation, tourism, recreation, fishing, aquaculture, nature conservation or coastal zone management.

20. Prior to placement of an artificial reef, all groups and individuals who may be affected or interested, should be informed on the characteristics of the artificial reef as well as on its location and depth of placement. They should be given the opportunity to make their views known in due time prior to its placement.

21. The location of a proposed artificial reef and the timing of its construction/placement should be carefully considered by the competent body at an early stage in the planning, especially with regard to:

- distance to the nearest coastline;
- coastal processes including sediment movement;
- recreational areas and coastal amenities;
- spawning and nursery areas;
- known migration routes of fish or marine mammals;
- sport and commercial fishing areas;
- areas of natural beauty or significance cultural, historical, or archaeological importance;
- areas of scientific or biological importance (e.g. protected areas designated under Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and wild flora and fauna and

Council Directive 79/409/EEC on the conservation of birds and under International Conventions or corresponding legislation of other Contracting Parties);

- shipping lanes or anchorages;
- designated marine disposal sites;
- seabed pipelines;
- military exclusion zones, including ordnance dumpsites;
- engineering uses of the seafloor (e.g. potential or ongoing seabed mining, undersea cables, desalination or energy conversion sites).

22. While in many cases the aim should be to avoid conflict with the above interests, the management objectives for an artificial reef could be directed specifically at interference, such as discouraging the use of certain types of fishing gear.

23. It will also be important to consider information on the following:

- water depths (maximum, minimum, mean);
- influence on stratification;
- tidal period;
- direction and velocity of residual currents;
- wind and wave characteristics;
- impact on coastal protection;
- influence of the structure on local suspended solid concentrations.

24. The competent authority should ensure that the position, surveyed depth and dimensions of the artificial reef are indicated on nautical charts. In addition, the authority should ensure that advance notice is issued to advise mariners and hydrographic surveying services of the placement.

## **5. Administrative Action**

25. No artificial reef should be placed in the marine environment without authorisation or regulation by the competent authorities.

26. The decision on the installation of an artificial reef should only be taken once the steps stipulated in § 10.a have been completed and the assessment has been evaluated. In this process, due account should be taken of the 'precautionary principle and the best environmental practice'.

## **6 Monitoring**

27. Baseline studies should be conducted to provide benchmark data for the subsequent monitoring of the effects of an artificial reef on the marine environment.

28. The installation of an artificial reef should be followed by a short, medium and long-term monitoring programme in order to verify whether the management objectives are fulfilled and the anticipated net benefits materialise.

29. The monitoring programme should also be aimed at establishing and assessing the environmental impacts and/or conflicts of the artificial reef with other legitimate uses of the maritime area or parts thereof. Depending on the outcome of such monitoring, it may be necessary to carry out alterations to the structure or to consider its removal. In the case of placements taking extended periods of time (years), monitoring should be concurrent with the construction in order to influence modification of the reef, as required.

## **7. Scientific Experiments**

30. Trials involving smaller scale placement for scientific purposes may be required before proceeding with a full scale deployment in order to evaluate the suitability of artificial reef and to assess the accuracy of the predictions of its impact on the local marine environment. As the use of artificial reefs develops, scientific experiments may be carried out. In these cases full justification referred to under section 3 may not be possible or necessary.

## **8. Management and Liabilities**

31. Authorisations for constructing artificial reefs should:

- a. specify the responsibility for carrying out any management measures and monitoring activities required and for publishing reports on the results of any such monitoring;
- b. specify the owner of the artificial reef and the person liable for meeting claims for future damage caused by those structures and the arrangements under which such claims can be pursued against the person liable.

## **9. Information**

32. Any Contracting Party which adopts a regulation, or an individual decision, authorising the creation of one or more artificial reefs should inform the other Contracting Parties, through the medium of the OSPAR Commission, of that action and the reasons which have led to it.



# Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales

## Anejo II. Inventario de Arrecifes Artificiales







A continuación se presenta un listado de los arrecifes artificiales hundidos en aguas españolas, por comunidades autónomas, incluyendo el año de instalación, el tipo de arrecife e indicando si han sido instalados en aguas interiores o exteriores. Las distintas comunidades autónomas se ordenan alfabéticamente.

### **ANDALUCÍA**

<b>Nombre del arrecife</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo</b>	<b>Estructura</b>	<b>Aguas</b>	<b>Profundidad (m)</b>
Conil I	1989	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Sanlúcar I	1990	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
El Rompido I	1990	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Sanlúcar II	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Isla Cristina	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Cabo de Gata	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores y exteriores	<50
Conil II	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Torremolinos	1992	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Sanlúcar III	1992	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Roquetas	1992	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores y exteriores	<50
El Rompido II	1994	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Barbate	1995	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Cerro del Obispo-Mojacar	1997	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Pta Baños-Marbella	1997	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Pta Torrox I	1997	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Pta Vélez-Málaga	1997	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
P.D. El Candado-Torre Benagalbon	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Conil	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Torre Perdigal-Rambla Moladera	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Marbella-Cabo Pino	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Rio Lagos-Pta. Torrox	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Pta Baños-Marbella	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Pta Torrox III	1999	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Sancti-Petri	2000	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
P.N. Cabo de Gata-Níjar (Isleta del Moro-Los Escollos)	2001	Mixtos	Módulo disuasivo y de concentración	Exteriores	<50
Calaburras-Desembocadura del Guadalhorce	2002	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Pta Torrox-Torre de Maro	2003	Protección (gestión pesquera) y producción	Módulo prefabricado tipo disuasivo y alveolar	Exteriores	<50
Paraje Natural Maro-Cerro Gordo (Nerja)	2003	Protección (gestión pesquera), Producción y mixtos	Módulos prefabricados tipos disuasivos y alveolares	Exteriores	<50
Chiclana – Sancti Petri	2005	Producción y protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Exteriores	<50
La Línea de la Concepción	2006	Protección (gestión pesquera) y producción	Módulos prefabricados tipos disuasivos y alveolares		
Matalascañas	2006	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Parque Subacuático Almuñecar-La Herradura	2006-2007	Turismo y ocio	Réplicas de Galeras y Módulos de ánforas	Exteriores	<50

### **PRINCIPADO DE ASTURIAS**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Cabo S. Agustín I	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	50
Cudillero I	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	50
Tapia de Casariego	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores y exteriores	50
Llanes	1992	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	50
S. Agustín-Navia II	1993	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	50
Bustio	1993	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores y exteriores	<50
Cudillero II	1994	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores y exteriores	50
Santa Ana	1994	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores y exteriores	50

### **ISLAS BALEARES**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Cap Regana (Mallorca)	1989	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Platja Migjorn (Formentera)	1990	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Punta Roja (Ibiza)	1990	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Platja Tramuntana	1990	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Freu Dragonera (Mallorca)	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado	Interiores	<50

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
			tipo disuasivo		
Pta Negra-Molinar (Mallorca)	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Illetes-Illa den sec (Mallorca)	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Santa Ponça (Mallorca)	1991	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Pta Prima-Illa de l'Aire (Menoría)	1991	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores y exteriores	<50
Ocean-diver (playa son Bou, Menorca)	1991	Turismo y ocio	Barco (casco hierro)	Interiores	27
Freus de Ibiza y Formentera	1994	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Levante Mallorquín	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores y exteriores	<50
R.N. Illes Malgrats (Calviá)	2006-07	Producción	Barco: Fragata Baleares	Exteriores	<50

## ISLAS CANARIAS

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Arguineguin	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	
Tzacorte	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Tias-Yaiza	1993	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	
Tias (ampliación)	1998	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	
Arrieta	2004	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Exteriores	30
Tenerife	2006-2007	Producción y Acumulación	Pateras preparadas	Exteriores	20-30

## **CANTABRIA**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Abra de Laredo	2004	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Exteriores	<100
Ensenada de Calderón	2004	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Exteriores	<100

## **CATALUÑA**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Escorpora (Maresme I)	1978	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Sa Riera/Begur (Sa Tuna)	1982	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	
L'Ampolla	1986	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Maresme II	1987	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Medas/Estartit	1987	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Boreas (Palamós)	1988	Turismo y ocio	Barco (remolcador)	Interiores	30
Salou	1990	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
Pas del Congo	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
El Masnou	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Bahía de Rosas	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	
Lloret de Mar	1992	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Vilanova i la Geltru	1992	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Reggio-Messina (Montgrí)	1992	Turismo y ocio	Barco (transbordador)	Interiores	24-33

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Port de la Selva	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Calafell I	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Dragonera (Parc Aquàtic Tarragona)	1994	Producción y Turismo	Barco (patrullero)	Interiores	20
Calafell II	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Delta de l'Ebre	1997	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	
Maresme III	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Garraf-Penedés	1999	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Golfo St Jordi Sur	2001	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	
Maresme IV Besòs/Mataró	2002	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Exteriores	<50
Parque arrecifes Barcelona	2003	Producción (gestión pesquera) y recuperación de ecosistemas	Módulos prefabricados	Interiores	10-30
Golondrina Mercè (parque arrecifes Barcelona)	2006	Ocio y turismo	Barco (casco madera)	Interiores	22

## GALICIA

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Prueba piloto Ría de Arousa	1986	Producción	Módulo prefabricado tipo alveolar y biotopos	Exteriores	<50

## **MURCIA**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Cabo Cope-Playa de los Hierros	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Cabo de Palos	1995	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Bahía de Mazarrón	1996	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
El Portús-Isla de las Palomas	1996	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Cabo Cope (ampliación)	1996	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Cabo de Palos	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Exteriores	<50
Playa Hierros-Pta Calnegre	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	
Pta Parda-Puerto de Águilas	1998	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Bahía de Mazarrón (Cartagena)	1999	Turismo y Acumulación	3 Barcos militares dragaminas	Interiores	30

## **PAÍS VASCO**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Mina Mari (Bermeo)	1960	Turismo y Producción	Barco de mercancías	Exteriores	30
Parque Submarino de Bizkaia	2003	Concentración y turismo	Barcos, remolcadores	Interiores	28

## **VALENCIA**

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Vinaroz I	1988	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Santa Pola	1988	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
Tabarca I	1989	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Benidorm I	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Vinaroz II	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Torre Vieja I	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Calpe II	1990	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Calpe I	1991	Producción (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar	Interiores	<50
El Campello	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Tabarca II	1991	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Torre Vieja II	1992	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Cabanes I	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Benidorm II	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Gandia I	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Burriana	1993	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Cabanes II	1994	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	interiores	<50
Sagunto	1994	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado	Interiores	<50



Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
			tipo alveolar y disuasivo		
Benidorm III	1994	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Benicasim	1995	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Guardamar	1996	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Moncofar	1996	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Valencia Sur	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Cullera	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Valencia Norte	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Perellonet	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Oliva	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Cabo S. Antonio	1996	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores y exteriores	<50
Altea I	1997	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Vilajoyosa I	1997	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Altea II	1997	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Vinaroz III	1998	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Torreveja III	1998	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y	Interiores	<50

Nombre del arrecife	Año	Tipo	Estructura	Aguas	Profundidad (m)
			disuasivo		
Sagunto II	1998	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Vilajoyosall	1998	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	<50
Gandia II	1999	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Gandia III	1999	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	
Cabanes III	2000	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Vilajoyosa III	2001	Mixto (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo alveolar y disuasivo	Interiores	
Costa Valencia (Gandía, Sagunto, Cullera, Oliva, Perellonet y Valencia)	2006	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Costa Castellón (Benicàssim, Burriana, Cabanes, Moncofa y Vinaròs)	2006	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50
Costa Alicante (Santa Pola, Tabarca, Calpe, Benidorm y Torrevieja)	2006	Protección (gestión pesquera)	Módulo prefabricado tipo disuasivo	Interiores	<50

# Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales

Anejo III. Protocolo de Descontaminación y Acondicionamiento de Barcos para la Creación de Arrecifes Artificiales





## ÍNDICE

<b>1. <i>Ámbito de aplicación y antecedentes</i></b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2. <i>Procedimiento</i></b> . . . . .	<b>2</b>
<b>2.1. <i>Solicitud</i></b> . . . . .	<b>2</b>
<b>2.2. <i>Condiciones de la concesión</i></b> . . . . .	<b>5</b>
<b>3. <i>Directrices para la elaboración del proyecto de descontaminación y limpieza de buques</i></b> . . . . .	<b>7</b>
<b>3.1. <i>Información previa sobre el barco</i></b> . . . . .	<b>7</b>
<b>3.2. <i>Elaboración de un plan de trabajo</i></b> . . . . .	<b>8</b>
<b>3.3. <i>Seguridad durante la limpieza</i></b> . . . . .	<b>9</b>
<b>3.4. <i>Notas generales sobre recuperación y reciclaje</i></b> . . . . .	<b>9</b>
<b>3.5. <i>Descontaminación y limpieza del barco</i></b> . . . . .	<b>11</b>
3.5.1. <i>Aceites y grasas</i> . . . . .	11
3.5.2. <i>Materiales peligrosos</i> . . . . .	21
3.5.3. <i>Desechos y residuos</i> . . . . .	27
3.5.4. <i>Aislantes</i> . . . . .	29
3.5.5. <i>Pinturas</i> . . . . .	30
3.5.6. <i>Especies invasoras</i> . . . . .	31
<b>4. <i>Consideraciones sobre el acondicionamiento del barco para la práctica del buceo deportivo</i></b> . . . . .	<b>32</b>
<b>5. <i>Consideraciones sobre la estabilidad del barco durante las operaciones de limpieza y las etapas de tránsito</i></b> . . . . .	<b>33</b>
<b>6. <i>Directrices sobre el contenido del proyecto y las operaciones de hundimiento</i></b> . . . . .	<b>35</b>

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Inferior de un buque de madera previo a la descontaminación y acondicionamiento</i> . . . . .	<b>8</b>
Figura 2. <i>Reciclaje de aluminio, cobre, bronce, acero inoxidable, zinc, alambres de cobre aislados</i> . . . . .	<b>10</b>
Figura 3. <i>Desechos múltiples procedentes de un barco</i> . . . . .	<b>11</b>
Figura 4. <i>Motores de combustión por limpiar</i> . . . . .	<b>15</b>
Figura 5. <i>Imagen de motor de combustión tras la limpieza</i> . . . . .	<b>16</b>
Figura 6. <i>Calderas y componentes de fuel</i> . . . . .	<b>19</b>
Figura 7. <i>Bomba hidráulica</i> . . . . .	<b>20</b>
Figura 8. <i>Sistema hidráulico de recogida de maroma</i> . . . . .	<b>20</b>
Figura 9. <i>Cubierta de madera de barco abandonado</i> . . . . .	<b>21</b>
Figura 10. <i>Farol de barco compuesto con zinc</i> . . . . .	<b>23</b>
Figura 11. <i>Accesorios de plomo de la bomba de achique de un barco</i> . . . . .	<b>23</b>

Figura 12.	<i>Bloques de plomo pertenecientes a la quilla de un barco . . . . .</i>	24
Figura 13.	<i>Equipo electrónico Ex-USS de Oriskany desmantelado de condensadores y de transformadores . . . . .</i>	25
Figura 14.	<i>Cableado eléctrico del cuarto motor dentro del ex-USS Oriskany. . . . .</i>	26
Figura 15.	<i>Tanque y tuberías de aguas negras . . . . .</i>	27
Figura 16.	<i>Diferentes tipos de aislantes térmicos y eléctricos . . . . .</i>	29
Figura 17.	<i>Casco externo del barco impregnado de fouling . . . . .</i>	30
Figura 18.	<i>Casco de buque tratado con pintura antifouling. . . . .</i>	31
Figura 19.	<i>Caulerpa taxifolia es una de las especies invasoras cuya presencia más preocupa en el Mediterráneo . . . . .</i>	32
Figura 20.	<i>Práctica de snorkel sobre un pecio. . . . .</i>	33
Figura 21.	<i>Buque hundido para la práctica de buceo . . . . .</i>	33
Figura 22.	<i>Hundimiento de un buque tipo golondrina frente a la costa de Barcelona . . . . .</i>	34

## **1.- ÁMBITO DE APLICACIÓN Y ANTECEDENTES**

El presente protocolo tiene por objeto definir una serie de directrices y criterios, así como las medidas concretas que deben ser consideradas en las actuaciones de preparación, descontaminación y acondicionamiento de buques tanto de casco de madera como de acero, aeronaves y otras instalaciones no construidas ex profeso para tal fin, por aquellas entidades públicas y privadas que pretendan obtener autorización para llevar a cabo su hundimiento controlado con la finalidad de crear un arrecife artificial.

En general, su ámbito de aplicación serán las aguas exteriores del territorio nacional, más allá de la distancia de una milla náutica sobre las líneas de bases rectas, que son aquellas aguas no incluidas en el ámbito de aplicación de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas o Directiva Marco del Agua (DMA).

El hundimiento de buques, aeronaves y otras instalaciones en las aguas comprendidas en el ámbito geográfico de la DMA supone un incumplimiento de los objetivos medioambientales establecidos en su artículo 4. y del programa de medidas recogido en su artículo 11, al tratarse tanto de una alteración morfológica adicional de la masa de agua como una potencial incorporación de contaminantes del anexo VIII, aún considerando la hipótesis de un 100% de eficacia en la retirada de contaminantes. Por lo tanto no se contempla tal posibilidad salvo los casos particulares en que concurren alguna de las excepciones previstas en la propia DMA o en aquellos proyectos que, aún suponiendo una alteración hidromorfológica de la masa de agua, tengan por objeto, y así se demuestre a través de los correspondientes estudios técnicos, una mejora en el estado ecológico de la misma según los criterios del anexo V de la Directiva.

Las medidas de prevención ambiental y de seguridad que se describen han de ser observadas en todos los casos cualquiera que sea la finalidad del arrecife: protección y producción pesquera, mejora del hábitat, recreativo, etc.

Ha de entenderse, por tanto, como el conjunto de criterios y condiciones que establece la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente para la concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre ante solicitudes de esta tipología, en el ámbito de sus competencias y sin menoscabo del resto de documentación que debe ser aportada en cumplimiento del Reglamento para el Desarrollo y Ejecución de la Ley 22/1988 de Costas, así como la que procediera en virtud de las competencias de otros órganos de la administración, incluido el responsable de la autorización sustantiva.

La no inclusión de los arrecifes artificiales, tanto los generados mediante el hundimiento de buques como los construidos específicamente, en la legislación estatal y autonómica en materia de prevención ambiental, que da lugar a que no estén sujetos al procedimiento administrativo de evaluación ambiental, unido al creciente interés en la materia y al reciente desarrollo reglamentario internacional a través de los convenios internacionales de los que el estado español forma parte, ha aconsejado a la Dirección General de Costas, sin pretender constituirse como un agente de bloqueo de estas iniciativas, a asumir activamente el papel de defensa del medio ambiente marino en el marco de sus competencias como responsable de la gestión del DPMT. Para ello ha establecido y definido las cautelas ambientales y de seguridad que han de contemplarse en estos hundimientos con independencia de las que pudieran ser exigidas complementariamente por otros organismos participantes en el proceso de autorización en el marco de sus competencias (Ministerio de Fomento, Ministerio de Agricultura y Pesca, Ministerio de Defensa, CC.AA...).

Este protocolo forma parte de la Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales, integrándose como anejo a la misma. La Guía debe considerarse como el documento que establece el procedimiento y sistemática básica para la solicitud de concesión de ocupación de dominio público marítimo terrestre por instalación de arrecifes artificiales, siendo el documento de referencia del que forma parte el presente protocolo, por lo que ante cualquier contradicción o duda en la interpretación ha de hacerse valer el texto y sentido de la Guía.

Para su redacción se han tomado en consideración diversas referencias internacionales como la GUÍA ESTANDAR PARA EL SANEAMIENTO DE BARCOS (1998), la GUÍA DE ACONDICIONAMIENTO PARA EL HUNDIMIENTO DE EMBARCACIONES (2001), ambas de Canadá, las DIRECTRICES RELATIVAS A LA COLOCACIÓN EN EL MAR DE MATERIALES CON FINES DISTINTOS DE LA SIMPLE ELIMINACIÓN (2005), del Convenio para la Protección del Medio Marino y de la Región Costera del Mediterráneo (Convenio de Barcelona) y la GUÍA NACIONAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA PREPARACIÓN DE BUQUES CON LA INTENCIÓN DE CREAR ARRECIFES ARTIFICIALES (2006), de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Estadounidense (USEPA).

## **2.- PROCEDIMIENTO**

### **2.1.- SOLICITUD**

Las solicitudes de concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre para la instalación de arrecifes artificiales mediante el hundimiento de buques, aeronaves, plataformas o instalaciones no construidas específicamente para este fin, en cumplimiento del apartado 3 del artículo 85 de del Reglamento de la Ley de Costas relativo a la evaluación de la incidencia de las actividades sobre el DPMT, deberán incluir, además de la documentación que se recoge en la Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales en relación con cualquier tipo de arrecifes, la siguiente documentación específica:

- Datos identificativos
- Proyecto de Descontaminación y Limpieza
- Proyecto de Acondicionamiento para la práctica del buceo deportivo, en los casos en que el arrecife se destine a tal fin o se estime posible su utilización por parte de buceadores.
- Proyecto de hundimiento

La presentación de esta documentación no altera el procedimiento general, establecido en el artículo 146 y siguientes de la sección 2 del capítulo VI del título III, del Reglamento de Costas, ni evita la necesidad de completar la solicitud con el resto de documentación necesaria referida en los artículos 85 y siguientes del capítulo II del título III del mismo Reglamento.

Por otra parte, es necesario reseñar que con independencia de la solicitud de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre, o de reserva de uso, si el solicitante es un órgano de la Administración General del Estado, se hace necesaria la autorización final por parte de la Capitanía Marítima del Ministerio de Fomento, en cumplimiento de lo establecido en el artículo 97.4 y 113.2 del Reglamento de Costas.

Los documentos mencionados contarán con el siguiente contenido básico:



1) Datos identificativos.

1. Datos del promotor.
  - Razón social.
  - Dirección, teléfono, fax, correo electrónico.
  - CIF, NIRI.
2. Datos del buque.
  - Identificación
    - Nombre
    - Año de construcción
    - Matrícula
    - Fotocopia de asiento, rol y certificados que le correspondan.
    - En el caso de buques de bandera extranjera, se aportará fotocopia de la documentación equivalente que corresponda.
  - Planos y descripción del buque en su situación previa a las operaciones de limpieza y descontaminación.
3. Datos del responsable del proyecto de descontaminación y limpieza
  - Identificación del técnico competente responsable del proyecto de descontaminación y limpieza
4. Datos las instalaciones donde se pretende llevar a cabo la descontaminación y limpieza.
  - Identificación del titular de las instalaciones
  - Actividad industrial (CNAE 93-REV 1).
  - Emplazamiento: ciudad, puerto, varadero
5. Datos del contratista y subcontratistas de las operaciones de descontaminación y limpieza.
  - Identificación del titular
  - Actividad industrial (CNAE 93-REV 1).
  - Certificados de Gestores de Residuos (de los que proceda)
  - Actividad y tareas a desarrollar por cada uno
6. Fecha estimada de comienzo y fin de las operaciones.

2) Proyecto de descontaminación y limpieza.

El proyecto deberá ser firmado por un técnico competente y contener al menos la siguiente información, con la planimetría y anexos necesarios para su adecuada comprensión.

1. Descripción del buque
2. Identificación de elementos a retirar
3. Identificación de elementos a limpiar
4. Identificación de tipos y cantidades de residuos estimadas, tanto los de carácter no peligroso como los peligrosos.
  - Aceites y grasas
  - Sustancias peligrosas
  - Aparatos eléctricos y electrónicos (detectores de humo, equipos informáticos, etc.)
  - Residuos no peligrosos (voluminosos, escombros, maderas...)
  - Aislantes
  - Pinturas
  - Envases y residuos de envases (tanto de aquellos productos utilizados para la descontaminación y la limpieza, como los existentes en la embarcación previo a su limpieza.

- Otros residuos peligrosos
  - Especies invasivas
5. Plan de trabajo
  6. Plan de seguridad
  7. Presupuesto desglosado

De cada tipo de residuo inventariado deberá aportarse una ficha con el siguiente contenido:

- Denominación.
- Ubicación
- Codificación según LER, normativa estatal.
- Identificación según RD 833/1988 y su modificación RD 952/1997 (sólo en caso de tratarse de un residuo peligroso)
- Composición, constituyentes principales.
- Cantidad existente (en volumen y peso).
- Estado de agregación (sólido, líquido, pastoso).
- Tipo de almacenamiento temporal y forma de gestión.

Se deben incluir los “pre-contratos (o compromiso de colaboración)” con las empresas encargadas de la gestión y el transporte de los distintos tipos de residuos generados en la descontaminación, presentando la documentación que fuera necesaria para acreditar a cada uno de los gestores autorizados que se pretendan contratar. Pese a ello, como el almacenamiento de los residuos se realizará en el lugar de descontaminación del buque, en áreas previamente establecidas y adaptadas para tal fin, se debe incluir una descripción de las mismas, incluyendo las medidas protectoras y correctoras que se aplicarán en su diseño.

No estará permitido ningún tipo de encapsulamiento o inertización de los residuos in situ, sólo podrá plantearse su completa eliminación y gestión final en instalación autorizada.

### 3) Proyecto de acondicionamiento del barco para la práctica del buceo deportivo.

El proyecto deberá ser firmado por un técnico competente y contener al menos la siguiente información, incluyendo la planimetría adecuada.

1. Inventario de elementos que pueda suponer un peligro para los visitantes.
2. Inventario de puertas y escotillas de acceso
3. Descripción de operaciones de retirada de elementos peligrosos o inseguros.
4. Descripción de operaciones ensanchamiento de las aperturas y pasillos.
5. Descripción de operaciones sellado de orificios o entradas de difícil acceso, así como de entradas a compartimentos restringidos.

### 4) Proyecto de hundimiento

El estudio deberá ser firmado por técnico competente y deberá contener una descripción detallada de las cautelas y medidas a adoptar para garantizar la estabilidad del buque durante las labores de remolcado y hundimiento, así como la seguridad.

A continuación se describe el contenido mínimo del proyecto. En el apartado 6 del presente Protocolo se aportan algunas consideraciones relativas al alcance y metodología, que pueden ser de utilidad

1. Introducción
2. Identificación de la zona de fondeo
3. Descripción de las tareas de adecuación estructural del barco para su fondeo
4. Medios auxiliares
5. Descripción de las operaciones de fondeo
6. Análisis de la estabilidad estructural y persistencia del arrecife
7. Dispositivo de prevención de la contaminación

## **2.2.- CONDICIONES DE LA CONCESIÓN**

La concesión de ocupación de bienes de dominio público marítimo terrestre para la instalación de arrecifes artificiales mediante el hundimiento de buques, aeronaves, plataformas o instalaciones no construidas específicamente para este fin, será otorgada o denegada a la vista de la documentación aportada, estableciéndose en la misma las condiciones bajo las que se otorga.

Con independencia de las condiciones específicas que procedan en cada caso, todas las concesiones incluirán en su condicionado la necesidad de que con anterioridad a la ejecución del hundimiento se presenten a la Dirección General de Costas documento *"Informe de los Trabajos de Descontaminación y Limpieza"*.

El contenido mínimo de este documento será:

### Informe de los Trabajos de Descontaminación y Limpieza

A la finalización del proceso de descontaminación y limpieza de una estructura en desuso con el fin de su instalación como arrecife artificial, y con anterioridad a que se lleve a cabo el hundimiento se deberá presentar el correspondiente informe, que contendrá al menos la siguiente información:

1. Información sobre los artículos reciclables que han sido recuperados. Tipos y cantidad.
2. Información sobre los residuos no peligrosos que han sido retirados. Tipos y cantidad.
3. Información sobre los residuos peligrosos que han sido retirados. Tipos y cantidad.
4. Certificado de amianto, en el que se indicará si la estructura con anterioridad a su descontaminación estaba libre o no de amianto. En caso de que no lo estuviera, se incluirá la información relativa a su descontaminación, incluyendo:
  - Emplazamiento del amianto existente con referencia específica a cada una de las unidades e instalaciones donde estuviera presente.
  - Protocolo de descontaminación abordado, incluyendo presupuesto.
  - Informe de las labores de descontaminación llevadas a cabo.
  - Costes finales del desamiantado
  - Certificado emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente en el que se certifique la inexistencia de amianto tras la descontaminación.

5. Certificado de PCB,s, en el que se indicará si la estructura con anterioridad a su descontaminación estaba libre o no de PCB,s. En caso de que no lo estuviera, se incluirá la información relativa a su descontaminación, incluyendo:
  - Emplazamiento del PCB existente, con referencia específica a cada una de las unidades e instalaciones donde estuviera presente.
  - Protocolo de descontaminación abordado, incluyendo presupuesto.
  - Informe de las labores de descontaminación llevadas a cabo.
  - Costes finales de la retirada de PCB,s y materiales contaminados por éstos.
  - Certificado emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente en el que se certifique la inexistencia de PCB,s tras la descontaminación.
  
6. Certificado relativo a las sustancias identificadas como sustancias peligrosas prioritarias en el ámbito de la política de aguas (DMA), en el que se indicará si la estructura estaba libre de estas sustancias o no. En caso de que no lo estuviera, se incluirá la información relativa a su descontaminación, incluyendo:
  - Emplazamiento de las sustancias peligrosas prioritarias existentes, con referencia específica a cada una de las unidades e instalaciones donde estuvieran presentes.
  - Protocolo de descontaminación abordado, incluyendo presupuesto.
  - Informe de las labores de descontaminación llevadas a cabo.
  - Costes finales de la retirada de las mismas y materiales contaminados por éstas.
  - Certificado emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente en el que se certifique la inexistencia de sustancias peligrosas prioritarias tras la descontaminación, con especial referencia al vaciado de los tanques de combustible.
  
7. En el caso de buques o aeronaves de guerra y naves auxiliares, se requerirá un certificado de “libre de municiones” expedido por el Ministerio de Defensa.
  
8. En el caso de buques o aeronaves de guerra y naves auxiliares, buques de investigación, y otros barcos que puedan haber trasladado materiales radioactivos, se requerirá un certificado de inspección de las radiaciones, que garantice la inexistencia de contaminación radiactiva, emitido por el organismo competente, la unidad técnica de protección radiológica autorizada por el Consejo de Seguridad Nuclear.
  
9. Certificado de eliminación de refrigerantes y clorofluorocarbonos de los sistemas del barco, emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente.
  
10. Otros certificados relativos a la eliminación/incorporación de equipos, componentes o productos.
  
11. Certificado emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma, correspondiente que acredite la inexistencia de cualquier tipo de sustancia o residuo peligroso considerados en la Lista Europea de Residuos.

### **3.- DIRECTRICES PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE DESCONTAMINACIÓN Y LIMPIEZA DE BUQUES**

A continuación se presentan las directrices generales que deben considerarse para acometer un proyecto de descontaminación y limpieza.

#### **3.1.- INFORMACIÓN PREVIA SOBRE EL BARCO**

Con anterioridad a la elaboración del Proyecto de Descontaminación y Limpieza, se deberá recabar toda la información disponible sobre el barco:

- Información sobre las dimensiones del barco (tamaño y peso) y los materiales de la superestructura.
- Información sobre los artículos reciclables que se puedan recuperar antes de hundir el barco.
- Información sobre la pintura del casco exterior, con inclusión del tipo de pintura, información técnica detallada sobre la pintura y fecha de última aplicación.
- Información sobre la disposición de maquinaria, compartimentos y cisternas.
- Información sobre los combustibles transportados y utilizados por el barco.
- Certificado de amianto, en el que se indique si el barco está libre o no de amianto.
- Certificado de PCB,s, en el que se indique si el barco está libre o no de PCB,s.
- Certificado relativo a las sustancias identificadas como sustancias peligrosas prioritarias en el ámbito de la política de aguas (anejo X de la DMA), en el que se que si el barco está libre de estas sustancias o no.
- En el caso de buques de guerra y naves auxiliares, se requerirá un certificado de "libre de municiones" expedido por el Ministerio de Defensa.
- En el caso de buques de guerra y naves auxiliares, buques de investigación, y otros barcos que puedan haber trasladado materiales radioactivos, se requerirá un certificado de inspección de las radiaciones, que garantice la inexistencia de contaminación radiactiva, emitido por el organismo competente, la Unidad Técnica de Protección Radiológica autorizada por el Consejo de Seguridad Nuclear.



Figura 1. Inferior de un buque de madera previo a la descontaminación y acondicionamiento

### **3.2.- ELABORACIÓN DE UN PLAN DE TRABAJO**

Las dos principales operaciones (recuperación y limpieza), normalmente se superpondrán y podrán efectuarse paralelamente en diferentes partes del barco. La experiencia ha demostrado que es muy importante disponer de un plan global en el que se especifiquen las actividades que se han de realizar.

En general, las operaciones de recuperación deben realizarse en primer lugar, procurando reducir al mínimo los escombros y la contaminación con hidrocarburos u otros productos que tendrán que limpiarse en una fecha posterior.

Tras la retirada de todos los materiales recuperables se abordará la operación de limpieza que suele comenzar normalmente en la parte superior del compartimento o cisterna, avanzando hacia abajo hasta el pantoque.

En las operaciones de recuperación y limpieza han de tomarse en consideración los siguientes principios generales:

- Ocuparse de las grandes concentraciones de petróleo y productos peligrosos al principio de la operación.
- Mantener los compartimentos limpios y evitar derrames durante las operaciones de recuperación y limpieza.
- Considerar la conveniencia de retirar, en lugar de limpiar, maquinaria y tuberías altamente contaminadas. La retirada suele ser mucho más rápida y permite además reducir considerablemente los esfuerzos de limpieza, al mejorarse el acceso y reducirse al mínimo los goteos y filtraciones.

- Control continuo de la operación por parte de personal de gestión del proyecto en el lugar.

### **3.3.- SEGURIDAD DURANTE LA LIMPIEZA**

En el plan de limpieza y recuperación debe tenerse en cuenta la seguridad del barco y los lugares circundantes. La experiencia indica que las cuestiones de seguridad no son estables y requieren una atención constante durante toda la vida del proyecto. Sin embargo se recomienda que se tengan en cuenta las cuestiones siguientes:

- Seguridad pública: Un barco sometido a operaciones de limpieza y recuperación es un lugar peligroso. Debe evitarse que cualquier persona ajena a las operaciones de limpieza y recuperación penetre accidental o incidentalmente en su interior. Para ello, todas estas labores deberán desarrollarse en un recinto cerrado, habilitado y autorizado para tal fin que reúna las condiciones adecuadas como un astillero, varadero o instalación industrial adecuada.
- Seguridad de las operaciones de limpieza y recuperación: Está estrechamente vinculada a la cuestión de seguridad pública. Es posible que personal ajeno a las operaciones de limpieza y recuperación traten de entrar en el barco. Esta cuestión de seguridad exige una vigilancia constante y evaluaciones repetidas.
- Responsabilidad ambiental: Algunos de los materiales retirados del barco pueden llegar a suponer una responsabilidad ambiental importante si son mal gestionados. No se debe dejar que los materiales se acumulen en el sitio más tiempo del estrictamente necesario, para lo que deberá contarse con la participación de gestores de residuos peligrosos y no peligrosos debidamente autorizados que los retiren y gestionen adecuadamente.

Resulta primordial que se disponga de un lugar de almacenamiento seguro (para instrumentos, partidas de recuperación valiosas, artículos que son potencialmente peligrosos, etc.).

### **3.4.- NOTAS GENERALES SOBRE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE**

Una proporción notable de la mayoría de los barcos suele ser recuperable desde el punto de vista económico. Entre los productos que pueden recuperarse y venderse intactos cabe mencionar generadores de diesel y equipo conexo, diversos tipos de casilleros, anclas y cadenas, escotillas y puertas herméticas, muebles y determinado equipo de cocina. Las válvulas, especialmente las de diámetro grande, constituyen otra fuente potencial de ingresos. Según el voltaje y la frecuencia empleados en el barco, los motores pueden constituir otra fuente de ingresos. La diferencia entre valor "de uso" y valor de chatarra puede ser considerable.

El equipo que no tiene actualmente un mercado puede, no obstante, tener un valor de chatarra basado en la materia prima. Comúnmente entre los metales encontrados que pueden ser recuperables cabe mencionar los siguientes:

- Latón: Este metal está habitualmente fundido y se encuentra en hélices, cajas de válvulas, cajas de refrigeradores y diversos moldes de maquinaria.

- **Bronce:** El bronce se suele encontrar en forma de pieza fabricada a máquina. Entre las piezas que es probable hallar en un barco cabe mencionar las placas de tubo de refrigeradores, válvulas pequeñas, guarniciones decorativas, cubiertas rasas para válvulas y diversos componentes de maquinaria.
- **Cobre-níquel:** El cobre-níquel se utiliza ampliamente en sistemas de tuberías marítimas, y se emplea comúnmente como material de tubería en refrigeradores y condensadores. En la industria marina son habituales las categorías de 90-10 (las más comunes) y 70-30 grados.
- **Aluminio:** La mayor parte del aluminio se presenta en forma de láminas, placas o refuerzos. Puede formar parte de una amplia variedad de piezas, entre ellas casilleros, mesas de trabajo, literas y estanterías. El aluminio estructural se ha utilizado en algunos buques, naves y botes para reducir al mínimo el peso de la cofa y se aplica comúnmente en mástiles y en cabinas de cubierta.
- **Cobre:** El cobre se aplica en cables eléctricos, tubos de pequeño diámetro (manómetros de presión), motores, generadores y diversos accesorios eléctricos. La recuperación del cobre suele ser un proceso equilibrado en términos económicos.
- **Acero inoxidable:** El acero inoxidable se aplica habitualmente en forma de láminas o placas y es común en los lugares dedicados a la preparación y suministro de alimentos, instalaciones médicas, compartimentos de la cubierta superior y algunos accesorios exteriores.

Aunque la recuperación del acero no suele resultar económica, en muchos casos resultará más barato y eficaz retirar y reciclar las tuberías y el equipo de acero. Esta es una estrategia particularmente eficaz cuando el esfuerzo para limpiar el material in situ es considerable, o cuando el material puede causar problemas de acceso al equipo encargado de la limpieza.



Figura 2. Reciclaje de aluminio, cobre, bronce, acero inoxidable, zinc, alambres de cobre aislados.



### **3.5.- DESCONTAMINACIÓN Y LIMPIEZA DEL BARCO**

Las operaciones de limpieza y recuperación constituyen la parte más importante de la preparación de un barco para su fondeo como arrecife artificial. En este apartado se incluyen los productos y materiales que deberán ser limpiados o retirados del barco, así como alguna sugerencia sobre los métodos de limpieza más adecuados. Para una correcta interpretación de los términos empleados, se deben tener presentes las siguientes definiciones:

1. “desechos de limpieza” hace referencia a cualquier material que no es parte integrante del barco. Si los desechos propios del barco se encuentran mezclados con otros desechos, la mezcla se considerará como “desechos de limpieza”.
2. “desechos del barco” hace referencia al material que ha sido parte del barco y que después ha sido eliminado o retirado de su posición inicial en el barco.
3. “equipamiento fijo” hace referencia a la maquinaria o los componentes que fueron atornillados, soldados, o bien fijados de alguna otra manera que indique que formaron parte del equipo del barco durante su último periodo de servicio.
4. “grasa” hace referencia a lubricantes o sustancias protectoras de corrosión aplicadas como sólidos, y que no debe entenderse como un compuesto que no fue designado para ser un lubricante o compuesto protector, ni tampoco como fangos o aceites pesados que puedan haber espesado o solidificado.
5. “material absorbente de aceite” hace referencia a cualquier sustancia comercializada como material para absorber aceites o combustibles para su limpieza.
6. “estructura” hace referencia a los componentes que forman parte integral del barco (cubiertas, mamparos, compartimentos, etc.) que no han sido diseñados para ser retirados excepto en circunstancias muy inusuales. En la mayoría de casos, los componentes de la estructura están fijados a su posición.



Figura 3. Desechos múltiples procedentes de un barco

#### **3.5.1.- Aceites y grasas**

Dentro de las operaciones de limpieza del barco es imprescindible eliminar todos los hidrocarburos líquidos (fuel, aceites, etc.) tanto si pueden quedar liberados en el medio ambiente como si no, es decir, también los confinados, incluso los herméticamente confinados. Es necesario eliminar la totalidad de los hidrocarburos contaminantes hasta umbrales aceptables. La experiencia indica que se puede lograr una limpieza muy profunda.

En términos generales deberán retirarse del barco todos los hidrocarburos líquidos y semi-sólidos. La contención no se considera una opción posible. Para las inspecciones de limpieza será necesario permitir el acceso a todos los espacios, cisternas, compartimentos, tuberías y componentes del barco.

#### 3.5.1.1.- Cisternas estructurales

Mientras no se demuestre lo contrario mediante la adecuada inspección, cabe considerar que todas las cisternas estructurales se encuentran contaminadas por hidrocarburos. Las cisternas estructurales abarcan, entre otras: cisternas de combustible, cisternas de servicios, cisternas diarios, cisternas de carga, cisternas de aceites, cisternas hidráulicas, cisternas de agua dulce, tanques de lastre, tanques estabilizadores, cisterna de aguas negras y grises, huecos y fondos.

Las cubiertas de tanques y cisternas deberán ser retiradas o, en caso contrario, deberá permitirse de alguna otra manera el acceso de personas a las cisternas. Será necesario limpiar todos los hidrocarburos del interior de las cisternas, incluidas las cubiertas. Para permitir las inspecciones, las cisternas deberán quedar abiertas y libres de gases.

No se permitirá ningún hidrocarburo visible en las superficies de las cisternas (incluyendo todos los accesorios interiores, tuberías, elementos estructurales, etc.), o en la superficie del agua en caso de que estén inundados. No deben encontrarse aceites emulsionados. En caso de que las cisternas estén inundadas, deberán eliminarse todos los materiales absorbentes de aceite.

#### 3.5.1.2.- Cisternas no estructurales

Todas las cisternas no estructurales se consideran contaminadas por hidrocarburos hasta que la inspección demuestre lo contrario. Las cisternas no estructurales que se dejen en el barco deberán estar abiertas para una inspección visual. Hay que tener presente que las cisternas no estructurales suelen tener un tamaño menor que las cisternas estructurales y por tanto los accesos son muy limitados. En muchos casos, se deben practicar accesos más amplios para permitir su completa inspección.

Ningún hidrocarburo visible estará permitido. Los desechos y materiales absorbentes de aceite deberán ser retirados del barco.

Si no se puede garantizar una absoluta limpieza, se deberá proceder a la retirada completa de las cisternas no estructurales.

#### 3.5.1.3.- Métodos de limpieza de las cisternas

Existen varios métodos aceptados y ampliamente utilizados para limpiar las cisternas de combustible y petróleo. El mejor método utilizado dependerá del tipo de hidrocarburos que contiene la cisterna, la cuantía de residuos y el volumen de cualesquiera cisternas y residuos duros o persistentes. En general, los combustibles de baja calidad requerirán un mayor esfuerzo de limpieza. Análogamente, las cisternas de hidrocarburos sucios o contaminados de agua requerirán un mayor esfuerzo de limpieza.

Al proceder a la limpieza de las cisternas, habrá que tomar en consideración los recursos disponibles, la maquinaria y el método o las disposiciones de que se dispone para tratar los residuos de la limpieza. Es posible que sea necesario experimentar diversos métodos de limpieza antes de determinar el más adecuado en cada caso particular. Entre las opciones que existen para limpiar las cisternas cabe mencionar las siguientes:

- Limpieza mecánica: La limpieza mecánica incluye la eliminación mecánica del lodo y los fluidos restantes y la limpieza de todas las superficies con materiales absorbentes de hidrocarburos. Aunque es costosa en términos de mano de obra, limita la extensión de la contaminación y reduce al mínimo la producción de fluidos cuya eliminación resulta bastante cara.
- Lavado con vapor o agua caliente: Este método es bastante eficaz aunque requiere un equipo especial y genera grandes volúmenes de agua oleosa. Si se contempla este método, es necesario tener un plan para tratar el agua aceitosa. Los agentes tensoactivos (o jabones), no son recomendados, ya que tienden a emulsionar cualquier hidrocarburo presente y a hacer excepcionalmente difícil el tratamiento del agua aceitosa. Esto probablemente elevaría los costes de eliminación más de lo necesario. En cisternas en las que las cargas de las plataformas y los laterales están razonablemente libres de contaminación, el agua a presión puede causar una contaminación importante de esas superficies por lo demás limpias debido a salpicaduras, neblina o al caudal remanente.
- Lavado con disolvente: El lavado con disolvente puede ser una opción cuando se presentan cisternas o láminas excepcionalmente tenaces. Es importante tener en cuenta que el disolvente empleado tendrá que ser posteriormente eliminado y que todo el producto líquido generado requerirá una manipulación y eliminación especiales. En casos aislados, especialmente cuando se han almacenado combustibles de baja graduación, puede ser necesario recurrir a métodos mejorados para limpiar la cisterna como los disolventes ultrasónicos o especiales.

En función de la naturaleza y el emplazamiento de la contaminación, puede resultar ventajoso emplear los tres métodos. En general, la limpieza mecánica debería ser el primer método que se ha de probar, seguido del lavado con agua caliente o vapor y luego el lavado con disolvente en situaciones excepcionalmente complicadas de limpiar.

Sea cual sea el método que se emplee, el efluente y el desecho se deben recolectar y tratar. Si los volúmenes son considerables se requerirán los servicios de un camión para bombear mientras que si las cantidades son menores se pueden manejar en barriles. Se debe actuar con meticulosidad en las operaciones de transferencia para evitar derrames. Si se han de transferir grandes cantidades de hidrocarburos o de líquidos contaminados con hidrocarburos se deberá considerar la conveniencia de un puntal de carga en torno al barco.

#### 3.5.1.4.- Limpieza de los compartimentos con sentinas

La limpieza de las sentinas frecuentemente resulta complicada por el mal acceso que provoca la presencia de tuberías, rejillas y equipos. Durante la fase de planificación el contratista de la limpieza debe examinar con suma meticulosidad la cuestión del acceso. En muchos casos es más barato y fácil retirar los elementos interpuestos (especialmente cuando están sucios o contaminados) que tratar de limpiar los elementos y la sentina adyacente.

Las sentinas, una vez limpias, son muy vulnerables a la recontaminación. Deberán considerarse los siguientes tipos de situaciones potenciales:

- Las tuberías, las válvulas y los accesorios en las redes de hidrocarburos seguirán rezumando durante cierto tiempo después del drenaje inicial. Estas goteras pueden hacer necesaria la repetición del trabajo. Las goteras deben ser capturadas siempre que sea posible.
- Los contenedores utilizados para la limpieza son vulnerables al vuelco, especialmente si la base no es segura y la luz es deficiente como suele ocurrir a menudo en los barcos que se están preparando para su hundimiento. Los cubos deben retirarse a medida que se van utilizando, o vaciarse con regularidad si se emplean para recoger goteras.
- No se debe permitir que el agua penetre en las sentinas a menos que forme parte de una campaña de limpieza planificada. En general el agua complica la limpieza de las sentinas porque debe manejarse como agua residual oleosa.

En general la forma de abordar y los métodos utilizados para limpiar las sentinas son similares a los aplicados para la limpieza de las cisternas.

#### 3.5.1.5.- Limpieza de la maquinaria montada

La limpieza de la maquinaria montada es un proceso largo y difícil. Siempre que sea posible, la maquinaria montada se debe retirar para su venta o reciclaje.

El método general para limpiar los motores/generadores diesel, las cajas de artefactos, los compresores, etc., es similar. El plan de limpieza debe especificar los fluidos y demás contaminantes que se encuentran en la máquina que se ha de retirar. Se debe actuar con cuidado para captar los fluidos con el fin de evitar la necesidad de una nueva limpieza. Los tipos de fluidos no se deben mezclar, porque ello puede incrementar los costes de eliminación. Los grandes depósitos de fluidos se deben drenar en primer lugar, pasando a continuación a las acumulaciones más pequeñas en los bastidores de maquinaria, las tuberías y accesorios. La fuerza de la gravedad ayudará a recoger los fluidos a lo largo de un período de tiempo, y el plan de limpieza debe prever un período adecuado de drenaje. El período exacto requerido variará en función de las limpiezas internas de la maquinaria, la longitud y el tamaño de las tuberías, la viscosidad del fluido y la temperatura. Como los aceites y combustibles seguirán rezumando durante varios días o semanas, los planes de limpieza deben incluir la necesidad de recuperar la infiltración durante este período con el fin de reducir al mínimo la contaminación subsidiaria de las sentinas, soportes y plataformas, los conjuntos de tuberías, etc. A continuación se incluyen unas recomendaciones generales para determinados equipos:

#### Motores de combustión

- Sistema externo de aceite: Drenar el colector de lubricación. Determinar todas las canalizaciones externas de aceite, los refrigeradores y otros accesorios. Abrir y drenar estos componentes. Después del drenaje, se debe considerar la conveniencia de retirar estos elementos del buque para evitar derrames de las conexiones. Retirar todos los filtros de aceite y los elementos de filtraje, los medidores de la presión y las líneas del verificador.

- Sistema de combustible: Retirar todos los inyectores de combustible. Determinar todas las líneas externas de presión del combustible, y volver a colocar las líneas y los accesorios. Abrir y drenar estos elementos. Después del drenaje, se debe considerar la conveniencia de retirar estos elementos del barco para evitar que esas conexiones rezumen. Retirar todos los filtros de combustible y depuradores, los medidores de la presión y las líneas del verificador. Abrir y drenar todos los reguladores.
  
- Elementos internos del motor: Abrir todas las portezuelas de seguridad, las puertas de registro, los tableros de acceso al mantenimiento, etc. En algunos motores puede ser conveniente cerrar además las aperturas de acceso. Sacar las partes superiores y limpiarlas a fondo, o drenar y retirar del barco. Es importante tener en cuenta que las partes superiores pueden tener un valor de recuperación según el tipo de motor y su estado. Abrir todas las canalizaciones y galerías internas de petróleo. Retirar las bombas de petróleo o abrirlas y limpiarlas para inspección. Abrir los soportes de cojinete y limpiarlos. Abrir el turbo sobrealimentador o los cojinetes del sobrealimentador. Llegados a este punto, suele ser conveniente dejar abierto el colector principal del sumidero para tener un mejor acceso. Limpiar frotando las superficies internas del motor. Si el motor rezuma de manera persistente ello indica que existe una acumulación de petróleo o combustible que hace falta investigar.
  
- Sistema de enfriamiento: Drenar toda el agua tratada.
  
- Otros sistemas: Cualquier otro componente o sistema susceptible de estar contaminado por hidrocarburos (filtros de aire, turbo, etc), deberá limpiarse y abrirse para inspección visual.

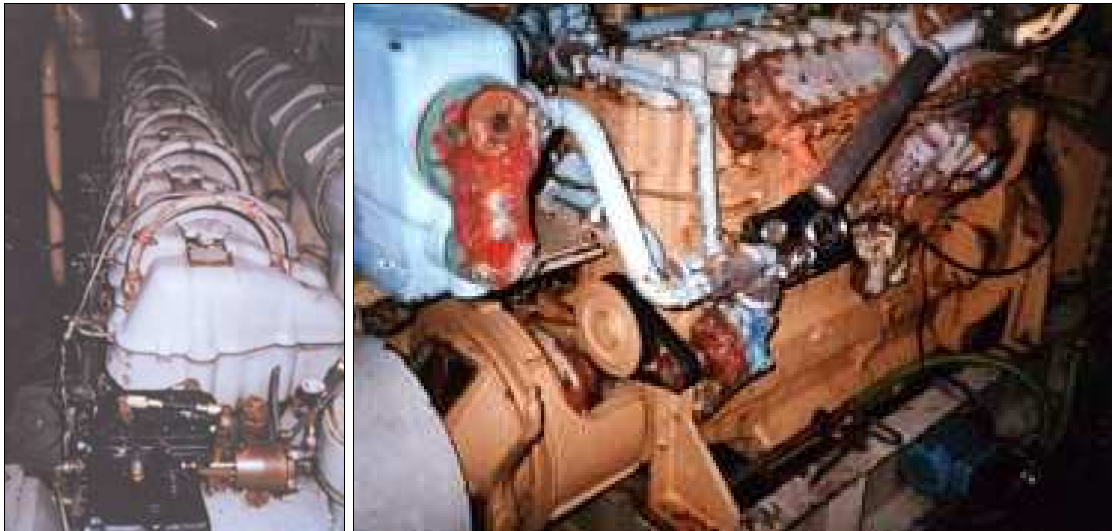


Figura 4. Motores de combustión por limpiar

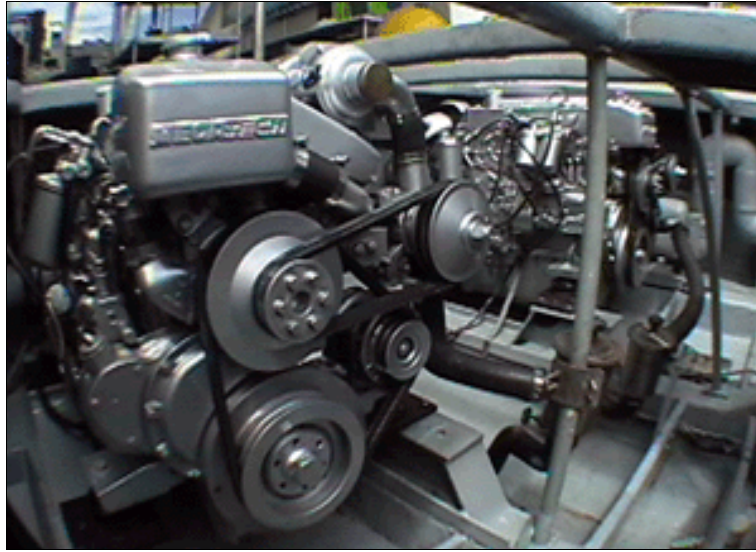


Figura 5. Imagen de motor de combustión tras la limpieza

### Caja de engranajes

Las cajas de engranaje pueden estar aisladas del equipo o integradas en una pieza de la maquinaria. La característica en común es un circuito de aceite lubricante. Considérese inicialmente como “un circuito externo de aceite” en relación con los motores de combustión.

Abrir todas las tapas y los paneles de acceso. En la mayor parte de los casos será necesario cortar más a fondo el acceso a los agujeros para permitir que el interior de la caja de cambios se pueda limpiar de manera adecuada. Abrir todas las líneas internas de aceite. Si existen bolsas de acumulación de petróleo, abrir los soportes de cojinete (especialmente los situados en un plano horizontal). Durante la inspección será necesario supervisar por lo menos una apertura de cojinete para evaluar la operación. Los rociadores del lubricante del engranaje deben retirarse o drenarse. Limpiar frotando todas las superficies.

### Otra maquinaria

Otra maquinaria, a menudo designada como maquinaria auxiliar, puede analizarse en dos amplias clasificaciones a efectos de limpieza. El primer grupo está constituido por la maquinaria que no emplea lubricación de aceite y no contiene grasa distinta de los elementos rodantes herméticos de los cojinetes. Estas máquinas por lo general no necesitan una limpieza de hidrocarburos a menos que se emplearan para bombear combustible o aceite, o que tengan grandes cisternas de grasa. Entre las piezas de maquinaria típicas que no suelen requerir limpieza se incluyen las pequeñas bombas de agua y los ventiladores.

El segundo tipo de maquinaria es el equipo que utiliza aceite lubricante, o que contiene grasas fuera de los cojinetes herméticos. Si bien la maquinaria auxiliar (compresores de aire, compresores refrigerantes, bombas de circulación, turbinas de vapor, etc.) varía considerablemente en lo que respecta a sus fines y a los detalles de construcción, las piezas individuales se pueden tratar de una manera similar durante la limpieza. Cualquier fluido utilizado que se base en hidrocarburos o que sea de algún modo peligroso (p. ej. clorofluorocarbonos) se debe retirar primero y dejar abierto el extremo de la bomba. Los sistemas acoplados de aceite lubricante deben limpiarse según se señala en el punto “sistema externo de aceite” en el apartado del motor de combustión. Si está ajustada una caja de engranajes, se debe tratar como se indica en el apartado relativo a las cajas de

engranajes. La experiencia muestra que los sumideros de aceite en las pequeñas piezas de maquinaria siempre tendrán que dejarse abiertos para permitir un acceso adecuado para la limpieza. Límpiense frotando todas las superficies aceitosas internas.

Las conexiones empacadas con grasa, prensaestopas, los engranajes de cadena, los engranajes de tornillo sin fin etc., deben por lo general estar abiertos. Suele ser preferible que la grasa sea eliminada por medios mecánicos, aunque en algunos casos de acceso muy reducido (como los anillos de pistola), puede ser necesario recurrir al lavado con vapor o disolvente.

El conocimiento básico de las máquinas y una comprensión del objetivo del equipo específico habitualmente permiten que la operación de limpieza resulte más eficiente.

#### 3.5.1.6.- Puntos de fuel y aceite

Todas las áreas o accesorios de cubierta que hayan sido utilizados para recibir fuel, aceite u otros hidrocarburos deben ser abiertos y saneados. Se deberá facilitar el acceso a todas estas áreas para su inspección.

#### 3.5.1.7.- Tuberías y accesorios

Como parte de la planificación de la actividad, deberán señalarse las tuberías y accesorios que contengan combustibles, aceites y agua oleosa. Si no se dispone de planos del barco, será necesario elaborar esta información in situ. A menos que se hayan señalado claramente como parte de una red que no contiene hidrocarburos, o que existan pruebas evidentes que indican que las tuberías no forman parte de una red de hidrocarburos (p. ej., las tuberías que llevan el agua de mar a los enfriadores o las tuberías que llevan agua potable a espacios domésticos), se dará por supuesto que todas las tuberías han contenido hidrocarburos. De la misma manera, se supondrá que las tuberías de las sentinas están contaminadas con aceite, a menos que se demuestre que están limpias.

Las tuberías de combustible y aceites deberán vaciarse completamente. Los requisitos para la limpieza de las tuberías varían en función de los productos que hayan llevado. En general, cuanto más viscoso sea el producto, más exhaustiva habrá de ser la limpieza. Para los productos más viscosos (ej: combustible Bunker "C"), será necesario que las tuberías estén completamente abiertas para su inspección.

Todas las tuberías verticales deberán tener sus válvulas completamente abiertas.

Las tuberías horizontales deberán abrirse por la parte de abajo y cada tres metros como mínimo. Para productos ligeros, abrir significa bordes separados, empalmes sueltos y tuberías separadas, o la tubería totalmente cortada por la parte de abajo. Para productos pesados, abrir significa que la tubería esté completamente abierta para su inspección visual. Las aberturas deberán estar claramente marcadas para la inspección (etiquetadas o pintadas con spray, etc.).

Para la inspección todos los sistemas de tuberías deberán estar completamente limpios y no podrá existir ninguna evidencia visual de hidrocarburo en las aberturas.

#### **3.5.1.8.- Accesorios de las tuberías de combustibles y aceites**

Los accesorios de las tuberías son las válvulas, vidrios, refrigeradores, filtros, etc. Todos los accesorios deberán estar abiertos y saneados, o eliminados del barco. Para una correcta inspección visual, los accesorios se cortarán, si fuera necesario, por el punto que quede más bajo. Cuando los accesorios tengan una construcción compleja o tengan más de un compartimento de aceite se requerirá el acceso a todos sus sub-compartimentos o componentes. En el momento de la inspección el drenaje de los accesorios debe haberse completado, no debe haber evidencia visual de hidrocarburos en las aperturas.

#### **3.5.1.9.- Tuberías de las sentinas**

Todas las tuberías que discurren a través de las sentinas se considerarán contaminadas de hidrocarburos hasta que no se compruebe lo contrario. Las tuberías de las sentinas deben ser tratadas igual que las tuberías de combustible y aceite.

#### **3.5.1.10.- Medidores y líneas del verificador**

Los medidores de presión y las líneas del verificador se considerarán contaminados por el producto cuya presión solían medir. Estos medidores deberán ser retirados del barco. Las líneas del verificador podrán o bien retirarse del barco, o bien limpiarse con aire a presión para eliminar el contaminante. Las líneas que permanezcan en el barco se chequearán durante la inspección.

Los medidores de temperatura podrán permanecer en el barco aunque no deberán contener ningún tipo de material peligroso.

Otros instrumentos de medida deberán ser retirados del barco o abiertos para su limpieza y examen.

Se prestará especial atención a los termómetros de mercurio que deberán retirarse intactos del barco.

#### **3.5.1.11.- Calderas**

Las calderas deberán ser accesibles para la inspección. Cualquier elemento o material con indicios de estar contaminado por hidrocarburos deberá ser eliminado del barco. Todos los componentes de fuel montados en las calderas (válvulas, componentes de control de combustible, quemadores), deberán ser eliminados del barco o tener acceso para su inspección.





Figura 6. Calderas y componentes de fuel

#### **3.5.1.12.- Mecanismo de dirección**

Las bombas hidráulicas y sus tuberías y accesorios asociados deberán ser retirados del barco o bien abiertos y drenados. Los sistemas hidráulicos por telemotor deberán tratarse de la misma manera. Los principales mecanismos de dirección deberán tener los cilindros abiertos para permitir la inspección. Las grasas y los contenedores para los cabezales del timón deberán sacarse del barco o bien abrirse y limpiarse.

#### **3.5.1.13.- Sistemas hidráulicos**

Excepto en casos en que se pruebe lo contrario, se considerará que todos los sistemas hidráulicos han utilizado hidrocarburos. Las líneas hidráulicas deberán eliminarse del barco o bien abrirse y limpiarse con aire a presión hasta que estén completamente descontaminadas. Los accesorios hidráulicos (válvulas, cilindros, bombas, acumuladores, filtros, refrigeradores, etc.), deberán ser retirados del barco, o bien desmontados y completamente saneados. Los cárteres hidráulicos deberán drenarse y abrirse para su limpieza e inspección visual. Generalmente se requerirá la apertura de nuevos accesos.



Figura 7. Bomba hidráulica



Figura 8. Sistema hidráulico de recogida de maroma

#### **3.5.1.14.- Grasas**

Todos los contenedores de grasa deberán retirarse del barco o bien abrirse y limpiarse. Las líneas de grasa también deberán retirarse o sanearse del todo. Todas las acumulaciones de grasa visibles deberán eliminarse. La maquinaria que utilice caja de cambios con grasa (generalmente maquinaria de cubierta) deberá abrirse y sanearse completamente. La grasa de las cadenas y ruedas dentadas deberá eliminarse. Los cables con grasa también deberán retirarse del barco.

#### **3.5.1.15.- Cubiertas y suelos**

Las cubiertas y suelos incluyen baldosas de cerámica, linóleo, baldosas de linóleo, moqueta y otras coberturas del suelo.

Todas las capas de aceites y grasas en las cubiertas y suelos deberán ser eliminados. En compartimentos en los que se hayan podido derramar hidrocarburos (almacén,

compartimentos con tanques con posibles reboses de fuel o aceite, cubiertas de tanques, etc.), las superficies de las cubiertas y las superficies bajo los pavimentos serán inspeccionadas para eliminar restos aceites. Los suelos o superficies bajo pavimentos que hayan estado saturados de hidrocarburos deberán ser retirados del barco.



Figura 9. Cubierta de madera de barco abandonado

#### **3.5.1.16.- Mamparas y cubiertas**

Las mamparas y cubiertas deberán estar libres de aceite y grasa. Cuando sea evidente que haya ocurrido una fuga o acumulación, las cubiertas deberán eliminarse para comprobar el alcance de la fuga o acumulación.

#### **3.5.2.- Materiales peligrosos**

Además de aceites y combustibles, se suelen encontrar en los barcos una serie de materiales que pueden resultar peligrosos para los ecosistemas marinos y que por tanto deberán ser retirados del barco durante las operaciones de limpieza.

##### **3.5.2.1.- Residuos de las zonas de carga**

Los residuos hallados en las zonas de carga se considerarán materiales peligrosos mientras no se demuestre lo contrario, y deberán por tanto ser retirados del barco.

##### **3.5.2.2.- Desechos de origen desconocido**

Cualquier producto de desecho cuya procedencia o contenido no sean conocidos, será considerado como material peligroso mientras no se demuestre lo contrario y deberá por tanto ser retirado del barco.

#### 3.5.2.3.- Anticongelantes y líquidos refrigeradores

Los anticongelantes y líquidos refrigeradores distintos a las aguas de mar no tratadas, deberán ser drenados y retirados del barco.

#### 3.5.2.4.- Baterías

Todas las baterías deberán ser retiradas del barco, incluidas las baterías que formen parte del equipamiento fijo del barco.

#### 3.5.2.5.- Sistemas de extinción de incendios

Los sistemas de extinción de incendios deberán estar completamente fuera de servicio. A excepción de sistemas contra-incendios que emplean agua de mar o agua dulce, todos los demás deberán ser retirados del barco. Los contenedores de almacenaje, en caso de haberse dejado in situ, deberán limpiarse correctamente. Cualquier línea o tubería que haya sido cargada con productos contra-incendios otros que agua de mar o dulce, deberá ser tratada de la misma manera que las tuberías de fuel y aceites.

#### 3.5.2.6.- Refrigerantes y clorofluorocarbonos

Todos los refrigerantes y clorofluorocarbonos (sistemas de refrigeración y aire acondicionado), deberán ser eliminados del barco.

#### 3.5.2.7.- Mercurio

Los equipos o elementos que utilicen mercurio, como giroscopios, ciertos equipos de laboratorio, ciertos interruptores, ciertas pantallas de radar antiguas, etc.), deberán ser retirados del barco. Los termómetros portátiles y otros equipos de medida que utilicen mercurio deberán retirarse intactos del barco. Cualquier otra presencia de mercurio, por muy pequeñas que sean las cantidades, deberá ser eliminada del barco. Debe tenerse presente la existencia de un cierto riesgo para la salud asociado al manejo del mercurio.

#### 3.5.2.8.- Zinc

Los ánodos de zinc deberán ser retirados del casco del barco, sistemas de tuberías, refrigeradores, etc.



Figura 10. Farol de barco compuesto con zinc

#### 3.5.2.9.- Cobre

Es conveniente intentar recuperar todo el cobre de cables, motores, generadores y otros elementos que puedan contenerlo.

#### 3.5.2.10.- Plomo

Todos los lastres, protectores y accesorios fijos de plomo deberán ser retirados del barco.



Figura 11. Accesorios de plomo de la bomba de achique de un barco



Figura 12. Bloques de plomo pertenecientes a la quilla de un barco

#### 3.5.2.11.- PCB's

Deben extraerse todos los productos manufacturados que contengan PCB's sólidos, así como todos los PCB's sólidos o líquidos y todos los materiales contaminados como consecuencia de derrames de PCB's.

En casos en los que existan razones para sospechar que algún equipo o componente pueda contener PCB's, se deberá retirar del barco a menos que se aporten pruebas que demuestren que se encuentra libre de PCB's.

En el caso de buques y naves, los PCB's se pueden encontrar en las formas sólidas (cerosas) y líquidas (aceitosas), en el equipamiento y materiales a bordo de las naves. El equipamiento y productos manufacturados que puede contener PCB's son:

Materiales y artículos que podrían contener PCB's sólidos:

- Aislamiento del cable
- Juntas del caucho y de fieltro
- Material del aislamiento termal incluyendo la fibra de vidrio, el fieltro, la espuma, el corcho y otros materiales aislantes.
- Reguladores de voltaje, interruptores, bujías, y electroimanes.
- Equipo electrónico, centralitas telefónicas, y consolas.
- Pegamentos y cintas.
- Pintura a base de aceite.
- Calafateo.
- Montajes de goma del aislamiento.
- Montajes de la fundición.
- Suspensiones de la pipa.
- Plásticos

Materiales y artículos que podrían contener PCB's líquidos:

- El aceite usado en el equipo y los motores eléctricos, los chigres del ancla, los sistemas hidráulicos, y los escapes y derrames de tales aparatos.

Materiales y artículos que podrían contener PCB's líquidos o sólidos:

- Transformadores, condensadores, y equipo electrónico interno.
- Lastres ligeros fluorescentes.
- Contaminación superficial de la maquinaria y de otras superficies sólidas.



Figura 13. Equipo electrónico Ex-USS de Oriskany desmantelado de condensadores y de transformadores

Los artículos que contienen PCB's que se pueden encontrar en un barco no son siempre fácilmente identificables o accesibles. Los PCB's se puede encontrar en una gran variedad de materiales de la cubierta, pero la localización y la concentración pueden variar en función de éste. El contenido en PCB's también varía en función del barco. Incluso barcos de la misma clase, pueden contener tipos y cantidades diferentes de compuestos hidrocarbonoclorados. Del mismo modo, en función de las diferentes áreas del buque, puede existir distinta probabilidad de contener PCB's, las más probables son las zonas o cuartos de alta temperatura como los cuartos de la caldera, de las salas de máquinas, eléctricas de radio, almacenes de las armas, o zonas que albergan el equipo hidráulico. También cabe mencionar que estos equipos y sistemas son vulnerables a los escapes y a los derrames, por lo que podrían verterse y contaminar otros materiales porosos (por ejemplo alfombras, madera, caucho/esteras, pinturas plásticas...).

Se ha de eliminar asimismo todo el equipo eléctrico relleno de líquido sospechoso de contener PCB's o fluidos dieléctricos contaminados con PCB's, sin importar la concentración del mismo. Los materiales tales como aceites lubricantes y grasas usados en los tornos, los elementos de carga que dirigen la maquinaria, los líquidos hidráulicos, los líquidos del traspaso térmico, y los aceites inútiles, deben ser eliminados del buque, de acuerdo con las directrices señaladas en el apartado de "aceite y combustible".



Figura 14. Cableado eléctrico del cuarto motor dentro del ex-USS Oriskany.

Deben eliminarse todos los productos sólidos manufacturados que contengan una concentración mayor o igual a 50 ppm de PCB's. Con carácter general, deben eliminarse: juntas de fieltro, cables, pinturas, juntas de goma, así como linternas y lastres ligeros fluorescentes. Se han de retirar asimismo todos los materiales que contengan PCB's debido a posibles vertidos de sustancias con PCB's.

Durante limpieza y la preparación de la nave o buque, se debe prestar una especial atención a las zonas de la nave en las que se conozca que contengan equipos y sistemas con fluidos compuestos por PCB's. Esto es debido a que tales equipos o sistemas son muy vulnerables a los escapes y a los vertidos ocurridos durante el transcurso de vida de la nave. Es altamente probable que las áreas que rodean al equipamiento y sistemas pueden llegar contaminarse por derrames de líquidos con PCB's. Si no existe ningún tipo de información en relación al suceso de algún vertido o a la concentración del PCB de cualquier líquido derramado, se ha de diseñar y ejecutar un plan de muestreo representativo para verificar que no hay indicios de PCB's presentes en las áreas que rodean el equipo o en los sistemas rellenos con estos fluidos. Si los resultados del muestreo indican la presencia de PCB's a consecuencia de un vertido de líquidos que los pudieran contener, se debe eliminar el residuo del derrame y los materiales contaminados por dicho vertido (por ejemplo, en una cubierta de metal, se ha de eliminar la pintura de su superficie contaminada desincrustando el área sujeta a contaminación, hasta descubrir debajo el propio metal).

Tras la retirada de todos los elementos que pudieran contener PCBs, se requerirá, con carácter general, un certificado emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente en el que se certifique la inexistencia de PCB,s tras la descontaminación.

#### 3.5.2.12.- Aguas negras y grises

Las aguas negras (alcantarillado), y grises (desagües de fregaderos, duchas, lavavajillas, etc.), deberán ser eliminadas del barco. Tendrán que enjuagarse todas las tuberías.





Figura 15. Tanque y tuberías de aguas negras

#### **3.5.2.13.- Materiales radiactivos**

Ciertos barcos como buques de guerra, buques de investigación y algún que otro tipo de barco, pueden haber trasladado materiales radioactivos o utilizado equipos con bajos niveles de radiactividad. En estos casos, se deberá eliminar la radiactividad residual y cualquier fuente de material radiactivo no natural tal como dispositivos luminiscentes. Se requerirá un certificado de inspección de las radiaciones.

#### **3.5.2.14.- Plásticos y otros materiales sintéticos**

Los plásticos y otros materiales sintéticos podrán permanecer in situ siempre y cuando formen parte de la estructura del barco o se hallen firmemente fijados a ella.

#### **3.5.2.15.- Otras sustancias peligrosas**

Todas las sustancias identificadas como sustancias peligrosas prioritarias en el ámbito de la política de aguas, listadas en el Anexo X de la DMA deberán ser retiradas del barco antes de su hundimiento.

### **3.5.3.- Desechos y residuos**

#### **3.5.3.1.- Material introducido**

No se debe introducir ningún material dentro del barco con el único fin de verterlo. Sin embargo se podrán colocar materiales permanentes necesarios para el hundimiento del barco (hormigón o rocas, limpios, para lastre), así como materiales con fines conmemorativos (placas o señales).

### 3.5.3.2.- Residuos

Las operaciones de recuperación y limpieza generan una gran cantidad de materiales que será necesario retirar del barco. Se incluyen aquí artículos tales como herramientas, generadores, cintas de plástico para impedir el paso, cubiertas de madera temporales, etc.

Los residuos propios del barco quedarán sujetos a las siguientes condiciones:

- Ningún elemento del barco contaminado con hidrocarburos o materiales peligrosos podrá permanecer en el barco.
- Los equipos pesados o voluminosos que, formando parte del material fijo del barco, hayan sido desconectados o desmontados para la limpieza o inspección del barco, podrán volver a colocarse y permanecer en su compartimento original, siempre y cuando no supongan ningún riesgo para los buceadores. De lo contrario, estos desechos deberán retirarse del barco.
- No debería colocarse ningún residuo del barco en compartimentos o tanques que vayan a ser sellados, antes de que tanto el residuo como el compartimento o tanque hayan sido inspeccionados.
- Los desechos del barco que permanezcan en éste, siempre deberán tener flotabilidad negativa.

### 3.5.3.3.- Recuperación de metales reciclables

El plan de recuperación y limpieza debe tratar por separado diversos tipos de recuperación. Se deben separar con meticulosidad los metales para el reciclaje, dado que la contaminación con otros metales, o con residuos, reduciría significativamente el valor de recuperación. Los barriles pueden ser utilizados para materiales de recuperación, pero su acceso debe estar controlado. Los materiales que se depositan en barriles de recuperación deben estar limpios y desprovistos de hidrocarburos u otros productos. El incumplimiento de estos pasos puede crear dificultades para controlar la escorrentía contaminada en el sitio.

No se aceptarán los metales reciclables (especialmente cobre, plomo, latón, bronce y aluminio), como residuos del barco. Todos los metales reciclables comercialmente viables deberán retirarse del barco.

### 3.5.3.4.- Sugerencias sobre la gestión de los residuos

Los materiales peligrosos deben ser cuidadosamente separados para evitar la contaminación de otros elementos, lo que acarrearía grandes costes para eliminar toda la cantidad de materiales peligrosos.

Los desechos líquidos representan problemas especiales de manipulación para los equipos de limpieza. Los aceites, combustibles y otros líquidos deberán ser gestionados por gestores autorizados de residuos peligrosos. Para mantener los costes de eliminación controlados, los líquidos residuales no se deben mezclar y los contenedores deben rotularse con toda la información disponible sobre el producto. El almacenamiento de líquidos y su traslado en torno al sitio deben estar estrictamente controlados. Los derramamientos originarán costes de limpieza importantes y requerirán especial atención en las inspecciones posteriores. El control de la escorrentía desde zonas de almacenamiento provisional representa un

problema y debe abordarse en el plan de limpieza. Una zona cubierta con un suelo impermeable y una zanja de saneamiento es sumamente recomendable.

Las prescripciones y restricciones legales relativas a los residuos sólidos deben determinarse durante la fase de planificación. Entre otras cuestiones que deben considerarse cabe mencionar la eliminación de materiales utilizados como absorbentes de aceites, aislantes sin amianto, fibra prensada, baldosas, linóleo y refuerzos, alfombras y muebles.

Será preciso aislar una zona para drenar las tuberías de hidrocarburos, combustibles, etc. Esto se debe llevar a cabo en una zona cubierta y a menudo es preferible hacerlo en un compartimento del barco aislado a esos efectos.

### **3.5.4.- Aislantes**

Durante las operaciones de limpieza, resulta esencial identificar las localizaciones y tipos de amianto existentes en el barco, y determinar así si se tienen que retirar directamente o encapsular y retirar. En ningún caso pueden permanecer a bordo materiales de amianto alterados en los que las fibras puedan ser liberadas al medio marino tras el hundimiento..

No será necesario retirar del barco los aislantes de amianto que hayan quedado intactos e imperturbados.

En cuanto a los otros tipos de aislantes, serán considerados como los residuos del barco.

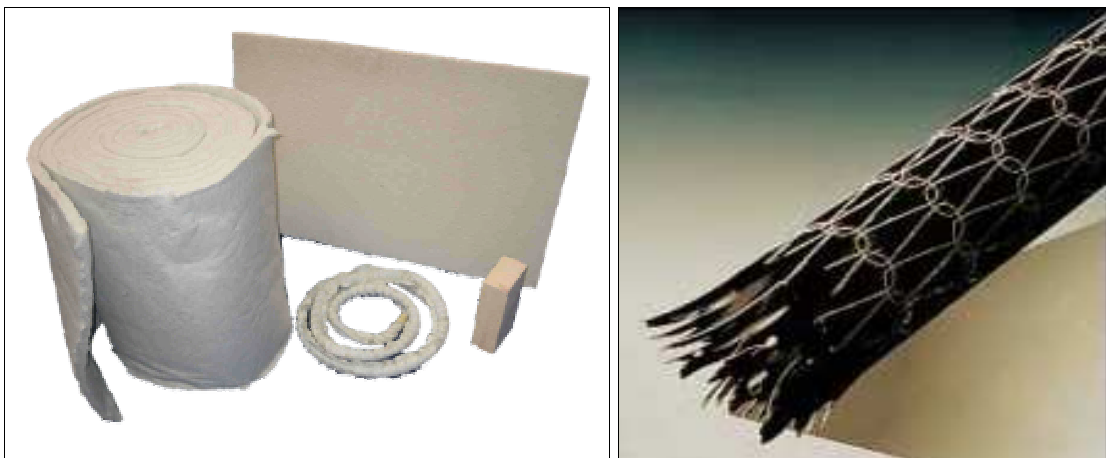


Figura 16. Diferentes tipos de aislantes térmicos y eléctricos

Tras la retirada de todos los elementos que pudieran contener amianto alterado, se requerirá, con carácter general, un certificado emitido por el órgano competente en gestión de residuos de la Comunidad Autónoma correspondiente en el que se certifique la inexistencia de amianto tras la descontaminación.

### **3.5.5.- Pinturas**

#### **3.5.5.1.- Capas de pintura anti-fouling en la carena**

Si la cantidad de biocidas restante en el barco es mínima no se requerirá ningún tipo de preparación de la carena o parte sumergida del casco. Se puede asumir que la actividad biocida será mínima cuando las capas de pintura anti-fouling del barco tengan como mínimo doce años de antigüedad y prácticamente todo el área de la carena (el 80%), esté cubierta por organismos marinos.

A la hora de evaluar la eficacia del sistema anti-fouling, la existencia de documentación sobre las propiedades de las capas aplicadas al casco puede aportar información de apoyo para determinar si dichas capas deben ser retiradas de la carena o no. Esta documentación de apoyo incluye, entre otra información, el tipo y edad del sistema anti-fouling, la fecha en la que se aplicaron las capas más recientes, y la última limpieza del casco. Cuando sea necesario, esta información podrá complementarse con un examen del casco bajo el agua.

Si las capas anti-fouling en el barco tienen al menos doce años de antigüedad y prácticamente toda el área de la carena (80%) se halla cubierta por organismos marinos, las capas anti-fouling podrán permanecer en el casco sin necesidad de evaluar su eficacia, puesto que se puede considerar que ya no serán perjudiciales. Si por el contrario no se dispone de la fecha de aplicación de las últimas capas y además la actividad del anti-fouling parece estar inhibiendo el crecimiento de los organismos en el casco, se requerirán evaluaciones adicionales para averiguar las propiedades del anti-fouling en el momento de la actuación. En caso de que se determine que efectivamente, el sistema anti-fouling está activo, la pintura deberá retirarse por completo para evitar la liberación al mar de biocidas perjudiciales.



Figura 17. Casco externo del barco impregnado de fouling



Figura 18. Casco de buque tratado con pintura antifouling

#### 3.5.5.2.- Pinturas interiores y pinturas exteriores sobre la línea de flotación

Cuando las pinturas interiores y las pinturas exteriores de la parte del barco que queda emergida se hallan intactas, no suele ser necesaria, por lo general, su retirada. Sin embargo en algunos casos pueden contener ciertas cantidades de contaminantes como PCB's, metales o biocidas. Estas pinturas deberán por tanto ser evaluadas, y en caso de que se halle algún contaminante se tratarán tal y como venga indicado en el apartado de dicho contaminante.

Independientemente de esto, cualquier pintura que se encuentre en mal estado, desconchada o descascarillada deberá ser retirada del barco.

Es importante reseñar que será necesario retirar todas las virutas de pintura que pudieran resultar del proceso, mediante aspiración o medios manuales que garanticen su total eliminación

#### 3.5.6.- **Especies invasoras**

Será necesario evaluar la presencia de especies invasoras que pueden haber sido transportadas y haber sobrevivido en el casco del barco o en su interior (sentinas, tanques de aguas de lastre, etc). En caso de que se halle alguna especie invasoras cuya supervivencia en el emplazamiento del arrecife artificial sea esperable, deberá ser eliminada del barco. Se tendrá que limpiar el barco de cualquier organismo vivo de estas características.



Figura 19. *Caulerpa taxifolia* es una de las especies invasoras cuya presencia más preocupa en el Mediterráneo

#### **4.- CONSIDERACIONES SOBRE EL ACONDICIONAMIENTO DEL BARCO PARA LA PRÁCTICA DEL BUCEO DEPORTIVO**

Es frecuente que los proyectos de instalación de barcos como arrecifes artificiales estén enfocados a fomentar la práctica del submarinismo, lo que implica la necesidad de adecuar estos barcos de manera que no supongan ningún peligro para los buceadores.

La preparación adicional del barco para tales efectos deberá incluir los siguientes aspectos:

- Retirada de cualquier elemento que pueda suponer un peligro para los visitantes, como son los vidrios, objetos punzantes o cortantes, así como cualquier objeto saliente en el que puedan quedar enganchados los equipos de buceo.
- Retirada de puertas y escotillas de acceso, y ensanchamiento de las aperturas para permitir un acceso seguro a los buceadores.
- Ensanchamiento de pasillos mediante la retirada de paredes prefabricadas, y proporción de aperturas amplias al exterior del barco para permitir que penetre la luz y ayudar así a asegurar un acceso sin riesgo de los buceadores.
- Sellado de orificios o entradas de difícil acceso, así como de entradas a compartimentos restringidos como salas de máquinas, para ayudar así a garantizar la seguridad del buceador.

Es posible que la retirada de ciertos elementos durante las operaciones de acondicionamiento del barco para la práctica del buceo, dejen expuesto en algunos casos algún material contaminante que antes quedaba oculto o sellado. Cuando esto ocurra, será necesario volver a descontaminar la zona afectada.

Asimismo, al preparar un barco para la práctica del submarinismo, será necesario prestar atención en los efectos que estas operaciones puedan tener sobre la estabilidad del barco a la hora de ser transportado y hundido, así como en su integridad una vez esté fondeado.

Finalmente, es importante señalar que no todos los pecios hundidos como arrecife artificial pueden ser catalogados como una atracción turística de acceso para cualquier público. Algunos de ellos, o incluso ciertas zonas de algunos de ellos, pueden representar un riesgo para los buceadores más inexpertos. Resulta por lo tanto necesario indicar en el proyecto y en las cartas náuticas el nivel o experiencia necesarios de los buceadores para poder acceder al arrecife artificial.



Figura 20. Práctica de snorkel sobre un pecio



Figura 21. Buque hundido para la práctica de buceo

## **5.- CONSIDERACIONES SOBRE LA ESTABILIDAD DEL BARCO DURANTE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA Y LAS ETAPAS DE TRÁNSITO**

Las operaciones relacionadas con la recuperación, la limpieza y el acceso al buceo tienen la posibilidad potencial de repercutir de manera adversa en la estabilidad del barco. Esta

puede ser una cuestión importante, especialmente en el traslado al lugar de su hundimiento. La falta de consideración de la estabilidad intacta o dañada durante las operaciones podría producir una zozobra prematura y descontrolada y/o el hundimiento del barco. Esta situación es totalmente evitable.

Entre las cuestiones que es preciso tener en consideración durante la fase de planificación figuran las siguientes:

- Eliminación de peso: la eliminación de peso repercutirá en el centro de gravedad y por consiguiente, en la estabilidad del barco. En general, la eliminación de peso en la parte inferior del barco (barras de lastres, tuberías de sentina, etc.), tiene una repercusión negativa en la estabilidad, mientras que la eliminación de peso en la parte superior del barco tiene una repercusión positiva en la estabilidad.
- Aperturas en el casco: a menudo las aperturas en el casco son necesarias para las operaciones de recuperación, pero presentan un riesgo de inundación. Las aperturas en el casco deben estar situadas muy por encima de la línea de flotación. Se deberá prestar una especial atención a las rupturas del casco, especialmente si el barco tiene que trasladarse después de que se hayan producido las aperturas del casco. Deberán tenerse presentes los movimientos del barco y la posibilidad de encontrarse con situaciones de mala mar.
- Integridad del estancamiento: la integridad interna del estancamiento puede no formar parte de las directrices del diseño inicial en el momento de disponer del barco y se ve a menudo comprometida por la actividad de recuperación.
- Efectos en la superficie libre: la superficie libre puede ser un problema si se permite que los fluidos se acumulen en sentinas, o si las cisternas se mantienen parcialmente llenas.



Figura 22. Hundimiento de un buque tipo golondrina frente a la costa de Barcelona

La estabilidad del barco debe tomarse en consideración como parte integrante del plan de recuperación y limpieza. Es importante conocer y controlar permanentemente las



condiciones de estabilidad del barco y estar preparado para adoptar medidas con el fin de mejorarla cuando sea necesario.

Se deberá abordar un estudio de las condiciones de estabilidad durante el periodo de descontaminación y especialmente durante su traslado al lugar del hundimiento, firmado por técnico competente, debiendo ser incorporado a la Documentación relativa a la Descontaminación y Limpieza.

## **6.- DIRECTRICES SOBRE EL CONTENIDO DEL PROYECTO Y LAS OPERACIONES DE HUNDIMIENTO**

En este apartado se describe sucintamente el alcance del proyecto de hundimiento que debe ser aportado con la solicitud, incluyéndose asimismo una serie de consideraciones acerca de la metodología a seguir durante las operaciones de hundimiento propiamente dichas.

Se hace por tanto un repaso a cada una de las partes del proyecto de hundimiento:

### 1. Introducción

Se ha de considerar el apartado introductorio como punto vital del informe o proyecto de hundimiento. En él se ha de mencionar todos los aspectos necesarios con el fin de detallar la justificación de la obra a realizar, los objetivos a alcanzar y presentar brevemente la zona de estudio en cuestión.

Se ha de incluir un apartado de antecedentes en el que se detallen todas las actividades que han sido causa u origen de la obra. Además se ha de detallar quién es el promotor y quién la ejecutará, así como una breve descripción de la misma.

La definición del ámbito de estudio es esencial para ubicar exactamente la estructura en cuestión. Se redactará la posición y profundidad, así como aspectos importantes a nivel físico, ambiental y social que sean relevantes para el desarrollo de la obra y la posterior implantación de la misma en su entorno. Para una mejor localización, se hará referencia a fotografías o planos que muestren la ubicación exacta del hundimiento de la nave, incluyendo las zonas anexas necesarias para la preparación del proyecto: zona de limpieza, de carga, de relleno, de hundimiento, de posicionamiento, etcétera.

### 2. Identificación de la zona de fondeo

Los criterios de selección de la zona receptora del arrecife ya han debido ser aportados como parte de la documentación que se recoge en la Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales, común ante cualquier tipo de arrecifes. Por ello en el proyecto de hundimiento sólo se reflejarán las coordenadas previstas para la instalación acompañadas de una figura de ilustración de modo que quede ubicada lo más precisamente la zona de obra. Las coordenadas X e Y se presentarán en sistema UTM ED 50 y en GEOGRÁFICAS WGS84, tanto para la proa como para la popa, indicando así mismo el rumbo que marcará la nave.

### 3. Descripción de las tareas de adecuación estructural del barco para su fondeo

Incluirá las siguientes medidas a adoptar:

- Clausura de accesos al interior que puedan comportar peligro para el buceador deportivo.
- Ampliación de algunos accesos para poder ser visitados por los buceadores sin riesgos de atascarse.
- Análisis de la estabilidad de todas las estructuras del barco para que no exista riesgo de desprendimiento de materiales que puedan salir a superficie una vez el barco sea hundido.
- Cálculo del lastrado del barco colocando hormigón en masa en su interior. La cantidad de hormigón a colocar se calculará exactamente cuando se desalojen los interiores del barco y se conozca el francobordo real y cuál es la flotabilidad del barco en ese momento.

Es necesario conocer las propiedades físicas de los compuestos de los elementos mayoritarios de los que está compuesto el barco. Estos deben ser definidos con exactitud a fin de realizar los estudios pertinentes de hundimiento en base a la densidad de los materiales. De una manera muy aproximada, para un ejemplo de un barco compuesto por madera y acero, sus densidades corresponden a:

- Madera:  $0,6 \text{ g/cm}^3$  en seco (anhidra) y  $1,5 \text{ g/cm}^3$  hidratada.
- Acero:  $7,8 \text{ g/cm}^3$

La solubilidad de los materiales que componen el barco, una vez descontaminado, se debe considerar nula. Todos estos valores se tendrán en cuenta a la hora de realizar los cálculos de hormigonado del barco para su hundimiento.

El principal objetivo del lastrado del barco para su hundimiento, es el de compensar la flotabilidad positiva de la madera, principal componente de la estructura en el caso de los barcos de casco de madera, y poder así asegurar la estabilidad del buque una vez repose sobre el fondo marino. En el caso de los buques de acero no suele ser necesario este lastrado.

El lastrado puede realizarse con hormigón o con piezas rocosas naturales, aunque se recomienda el primero ya que las rocas pueden desplazarse durante el hundimiento dificultando la estabilidad y posicionamiento correcto de la nave.

Con el tiempo, la madera se saturará de agua y perderá esta flotabilidad positiva, pero el hormigón garantizará esta estabilidad mientras la madera no se sature de agua.

**Ejemplo de cálculo del lastrado:**

**Dimensiones**

Superficie cubierta inferior:	75 m <sup>2</sup>
Superficie cubierta superior:	50 m <sup>2</sup>
Superficie bodega:	100 m <sup>2</sup>
Grosor medio madera:	0,05 m
<b>Volumen Total madera:</b>	<b>11,25 m<sup>3</sup></b>

Teniendo en cuenta todas las densidades de los diferentes elementos que forman parte del sistema (madera, hormigón y agua de mar):

Densidades a considerar:	Madera:	500 kg/m <sup>3</sup>
	Hormigón:	2.300 kg/m <sup>3</sup>
	Agua de mar:	1.027 kg/m <sup>3</sup>

Una vez tomados todos estos datos, se procede a realizar los cálculos oportunos:

- Flotabilidad madera:

$$1027 \text{ kg} / \text{m}^3 - 500 \text{ kg} / \text{m}^3 = 527 \text{ kg} / \text{m}^3$$

- Flotabilidad hormigón:

$$1027 \text{ kg} / \text{m}^3 - 2300 \text{ kg} / \text{m}^3 = -1273 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Estos cálculos demuestran que la madera tiene una flotabilidad positiva de 527 kg/m<sup>3</sup>, y el hormigón una flotabilidad negativa de 1.273 kg/m<sup>3</sup>.

De esta manera, y para el ejemplo del Volumen Total de madera calculado anteriormente:

- Flotabilidad total barco madera:

$$11,25 \text{ m}^3 \cdot 527 \text{ kg} / \text{m}^3 = 5929 \text{ kg}$$

- Que debe compensarse con la siguiente cantidad de hormigón:

$$\frac{5929 \text{ kg}}{1273 \text{ kg} / \text{m}^3} = 4,66 \text{ m}^3$$

Así, el barco de madera tomado como ejemplo, tiene una flotabilidad positiva total de 5929 kg, que debe compensarse con hormigón. En concreto serán necesarios 4,66 m<sup>3</sup> de hormigón para compensar la flotabilidad positiva de la madera del barco.

Para conseguir tal efecto se han de realizar una serie de cálculos basados en unas hipótesis de partida. Como referencia inicial, se tratará de tomar el volumen medio de madera que contiene el barco. Para ello se toman medidas de superficie de las cubiertas y las bodegas.

#### 4. Medios auxiliares

Se deberán definir los medios auxiliares necesarios, incluyendo:

- Embarcación para el remolque desde el puerto en el que se encuentre situado el barco hasta la zona de anclaje
- Embarcaciones de apoyo para los trabajos de los buceadores, que deberán acompañar al remolque en todo momento y estar preparados para una posible intervención en el barco a fondear.
- Muertos de hormigón con el fin de controlar que el pecio quede en la situación deseada. Estos muertos pueden estar situados formando una cruz y con balizas en superficie, unidas con cabos a los muertos, para amarrar el barco en el momento de su llegada a la zona.
- Bombas sumergibles para el llenado del barco con agua de mar, en caso de buques pequeños.

- Dispositivos explosivos o de corte para generar orificios en el caso bajo la línea de flotación que permitan el llenado, en caso de buques grandes.
- Globos de elevación para trabajos subacuáticos.
- Otros

Asimismo se deberá describir el equipo técnico que participará en los trabajos de hundimiento, en cuanto a número y cualificación. Para garantizar la seguridad de la maniobra se contará con la asistencia de buceadores profesionales y el material necesario para realizar una intervención de emergencia, si se diera el caso.

## 5. Descripción de las operaciones de fondeo

Se deberá indicar cuáles son las condiciones climatológicas óptimas que garanticen la viabilidad de la operación, tanto de la navegación durante el traslado como en las propiamente del fondeo. En cualquier caso, a nivel de proyecto deberá explicitarse las condiciones del estado de la mar en términos de altura de ola, velocidad de la corriente e intensidad del viento que harían desaconsejable el hundimiento y aquellas bajo las que terminantemente no debe intentarse.

Se describirán las operaciones básicas del hundimiento:

- Amarre del barco
- Amarre de los cabos de tiro a los muertos fondeados por parte de los buceadores.
- Descripción de la maniobra que permita garantizar la dirección de la orientación del barco durante el hundimiento.  
Se recomienda la utilización de poleas en los muertos con un cabo que se utilizará para arrastrar el barco hacia el fondo marino. Uno de los extremos irá amarrado al barco y el otro a un globo de elevación cerrado. Esta maniobra se repetirá con los cuatro muertos fondeados y los amarres al barco serán a proa, popa y ambos lados. Esta maniobra permite guiar el barco en el momento del hundimiento.
- Descripción del hundimiento del barco mediante el llenado de su interior con agua de mar, utilizando bombas sumergibles, o generación de orificios en el casco.  
Se recomienda que el hundimiento del barco se ejecute de popa hacia proa, sosteniendo la proa del barco con globos de elevación cerrados hasta que la popa toque ligeramente el fondo marino. En el momento que eso suceda se irá liberando el aire de los globos que sostienen la proa. Esta maniobra se continuará hasta que la proa se asiente en el lecho marino.
- Amarre de los muertos al pecio con cadenas de anclaje, anclando los restos por popa, proa y ambos lados.

Se deberá incluir una valoración de la duración aproximada de las operaciones, o periodo de obra, entendido por aquel a partir del cual se retirarán de la zona todos los medios materiales necesarios, a excepción de los elementos de contención preventiva de vertidos accidentales de productos residuales (barreras, succionadoras, recogedoras, etc.) que se estimen necesarios.

## 6. Análisis de la estabilidad estructural y persistencia del arrecife

Se deberá incluir un análisis de la vida útil esperada para el arrecife, que incluya un estudio de su estabilidad estructural y persistencia.

La persistencia se considera desde el punto de vista físico, químico y biológico.

- Física: Se debe realizar un cálculo aproximado a cerca de la persistencia física del barco en el ambiente marino previsto para su instalación. En función del lugar y profundidad a la que se ubique; si en la zona faenan embarcaciones pesqueras de arrastre o si la corriente marina es excesivamente alta, se debe considerar una vida útil similar a los observados en la evolución de materiales similares.
- Química: La persistencia química de los materiales que componen el barco en el ambiente marino previsto para su instalación, con una concentración de oxígeno disuelto en agua salada y a una cierta temperatura, debe marcar una vida útil para la mayor parte de ellos.
- Biológica: La persistencia biológica de los materiales que normalmente forman un barco, en el ambiente marino previsto para su instalación, con una baja degradabilidad por descomposición bacteriana de la madera, se considera superior a 50 años de media. Ha hacerse una valoración en cada caso en función del estado en que se encuentre, pintura, tratamiento, tipo de fouling esperado, etc.

Es necesario tomar en consideración que la colonización del barco por parte de organismos bentónicos con estructuras carbonatadas supondrá una sustitución de los materiales de las superficies expuestas al agua y le conferirá a este una mayor perdurabilidad como arrecife artificial, colonizable por otras formas de organismos. El consumo de organismos con estructuras carbonatadas por parte de otros organismos y la degradación de estas estructuras carbonatadas harán que estos materiales pasen a formar parte del sedimento adyacente, constituyendo restos organógenos que contribuirán a la diversidad textural del sedimento de las inmediaciones.

En el caso de hundimientos en zonas con condiciones físico-químicas singulares (zonas expuestas a vertidos, emisarios proximidad a un puerto...), es aconsejable realizar un análisis de la posible interacción en el medio acuático entre los materiales del arrecife y los del propio medio, considerando tanto los orgánicos como inorgánicos disueltos.

- Orgánicos: Se ha de considerar que en el ambiente marino previsto para la instalación del pecio existan materiales orgánicos que puedan interaccionar con el barco y afecten a su perdurabilidad o que esta interacción afecte al medio.
- Inorgánicos disueltos: Se ha de considerar que en el ambiente marino previsto para la instalación del pecio existan materiales inorgánicos que puedan interaccionar con el barco y afecten a su perdurabilidad o que esta interacción afecte al medio.

## 7. Dispositivo de prevención de la contaminación

Durante las operaciones de remolque a la zona de instalación prevista en el proyecto, así como durante las operaciones de hundimiento y en las 12 horas posteriores, se dispondrá de manera efectiva de los medios necesarios de lucha contra la contaminación marina como medida preventiva ante posibles episodios de liberación accidental de sustancias contaminantes al mar, tanto procedentes de una descontaminación deficiente del barco en cuestión como de las embarcaciones utilizadas para las operaciones.

Entre estos medios debe incluirse una embarcación equipada con sistema de recogida de restos sólidos flotantes que pudieran liberarse durante el hundimiento.

A nivel de proyecto se deberá incluir una descripción de la dotación de la que se pretende disponer.

# Guía Metodológica para la Instalación de Arrecifes Artificiales

## Anejo IV. Directrices Metodológicas EsIA







## ÍNDICE

<b>1. <i>Ámbito de aplicación</i></b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2. <i>Contenidos de los estudios de impacto ambiental</i></b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2.1. Justificación del proyecto</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2.2. Descripción del proyecto</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2.3. Descripción del alternativas</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2.4. Inventario ambiental</b> . . . . .	<b>2</b>
<b>2.5. Identificación y valoración de los impactos</b> . . . . .	<b>18</b>
2.5.1. Identificación de impactos . . . . .	18
2.5.2. Valoración de los impactos. . . . .	20
2.5.3. Valoraciones finales y diagnóstico. . . . .	22
2.5.4. Matrices genéricas de comprobación de impactos. . . . .	22
<b>2.6. Medidas preventivas y correctoras</b> . . . . .	<b>27</b>
2.6.1. Medidas preventivas de carácter general . . . . .	28
2.6.2. Medidas preventivas ante situaciones de riesgo o emergencia. . . . .	29
<b>2.7. Programa de vigilancia ambiental</b> . . . . .	<b>30</b>
2.7.1. Clima marítimo (Dinámica marina) . . . . .	30
2.7.2. Trasporte de sedimento . . . . .	30
2.7.3. Geomorfología . . . . .	31
2.7.4. Aguas . . . . .	32
2.7.5. Sedimentos . . . . .	33
2.7.6. Comunidades biológicas . . . . .	33
2.7.7. Paisaje . . . . .	34
2.7.8. Socioeconomía . . . . .	34
2.7.9. Patrimonio cultural . . . . .	35



## **1.- ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El presente protocolo tiene por objeto definir una serie de directrices y criterios, para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (en adelante EslA) de aquellos proyectos de arrecifes artificiales que, en virtud del marco legal aplicable, deban ser sometidos al procedimiento reglado de Evaluación de Impacto Ambiental según lo descrito en el capítulo de marco legal de la Guía.

## **2.- CONTENIDOS DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

El contenido mínimo de los estudios de impacto ambiental de arrecifes artificiales, será el establecido en el Reglamento para la ejecución del R.D.L. 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, considerando las modificaciones al mismo introducidas tanto por la Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del R.D.L. 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, como en la Disposición Final Primera de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

En estas orientaciones no se pretende realizar un análisis exhaustivo del contenido de los EslA en aquellos aspectos genéricos o comunes a cualquier tipo de proyecto. Sólo se comentan, por tanto, aquellos capítulos que por su naturaleza han de tener un enfoque específico:

### **2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Se deberá incluir un análisis justificativo de la actuación, tal y como se define en el apartado 1 de la parte II de la Guía.

### **2.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El EslA deberá incorporar un resumen suficientemente detallado del proyecto, incluyendo al menos el contenido descrito en el apartado 8 de la parte II de la Guía.

### **2.3.- DESCRIPCIÓN DEL ALTERNATIVAS**

A esta etapa sólo deben trasladarse las alternativas seleccionadas en la fase de *scoping* o consultas previas.

Una vez presentadas y descritas, se debe llevar a cabo un análisis particular de cada una de ellas, manejándose, para ello, la metodología que normalmente se hace uso en los estudios de impacto ambiental, lo que implica la utilización de una serie de criterios técnicos, sociales y medioambientales (descriptores ambientales). Con este proceso se identifican y valoran las principales alteraciones que cada una de las alternativas generan sobre cada uno de los descriptores implicados, seleccionándose las alternativas de mayor viabilidad que constituirán la base técnica definitiva que formará parte de las posteriores fases del estudio de impacto ambiental.

## **2.4.- INVENTARIO AMBIENTAL**

A continuación se presentan unas fichas orientativas sobre la información relativa al medio receptor que puede requerir un proyecto técnico de instalación de arrecifes artificiales. De toda esta información, cada proyecto deberá incluir la que le corresponda en función del tipo de arrecife artificial que se pretenda instalar.

<b>CLIMA MARÍTIMO</b>	
<p>Un adecuado conocimiento de los movimientos de las masas de aguas en la zona prevista para la ubicación de un arrecife resulta indispensable para predecir, por un lado, el transporte litoral de sedimentos, y por otro, la fuerza que tendrá que soportar el arrecife para no ser desplazado ni volcado.</p>	
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>	
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Análisis de oleaje</i></li> <li>○ <i>Análisis de corrientes</i></li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Análisis de oleaje</i></li> <li>○ <i>Análisis de corrientes</i></li> <li>○ <i>Estudio de propagación de oleaje</i></li> </ul>
<p><b>Resto de arrecifes</b></p>	<p>Deberán incluir un estudio de clima marítimo, incorporando un análisis de oleaje y corrientes, con la excepción de aquellos casos en los que el emplazamiento del arrecife artificial se encuentre a una profundidad suficiente como para no verse afectado por el oleaje y las corrientes inducidas por éste, en los que se podrá prescindir del estudio del oleaje, pero no del análisis de corrientes.</p>
<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b></p>	<p>En este caso, será necesario realizar, además del estudio básico, un estudio de propagación del oleaje de detalle ya que este tipo de arrecifes afectan de forma directa a hidrodinámica de la zona.</p>
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio exhaustivo de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>	
<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b></p>	<p>La forma en la que actúan sobre el medio físico es interaccionando a través sus elementos estructurales que modifican de forma directa la hidrodinámica de la zona. Por este motivo es necesario un conocimiento exhaustivo de la dinámica sobre la que se va a actuar antes de diseñar un proyecto de estas características.</p>
<b>Metodología recomendada</b>	
<p>El <b>oleaje</b> es un fenómeno con una gran variabilidad temporal debiéndose recurrir a las fuentes de datos existentes para su análisis. En determinados casos puede resultar necesario realizar una "propagación" del oleaje desde el punto de medida hasta la zona de interés para comprobar las modificaciones que en altura o dirección de arribada puede originar la cercanía de la costa y la modificación batimétrica.</p> <p>Las <b>corrientes marinas</b>, sin embargo, presentan una mayor variabilidad geográfica que el oleaje y no existe en nuestro país hasta el momento ninguna red de medida sistemática. En los casos en que no exista un adecuado conocimiento de las corrientes existentes en la zona de estudio, será necesario proceder a la realización de una campaña de medida. En general, un único punto de medida, situado aproximadamente en el centro de la zona de estudio, resulta suficiente. En caso de realizarse las medidas con correntímetros autónomos se deberán utilizar un mínimo de dos equipos uno cerca de la superficie y un segundo a medias aguas. Sin embargo, en la actualidad, parece más recomendable la utilización de perfiladores "Doppler" que permiten la medida simultánea de un gran número de puntos a lo largo de toda la columna de agua. La medida de las corrientes debiera extenderse lo más posible en el tiempo para resultar representativa. Se considera que un mes continuado de medidas es el periodo mínimo con que se debe contar.</p> <p>Por último, para un correcto análisis de los datos de corriente, resulta del mayor interés recopilar información sobre las mareas existentes durante el periodo de medida.</p>	

<b>TRASPORTE DE SEDIMENTO</b>				
<p>El estudio del transporte de sedimentos en la zona prevista para la ubicación de un arrecife artificial, resulta esencial para garantizar por un lado, que el arrecife artificial no intervendrá negativamente en el transporte litoral, y por otro, que el arrecife artificial no quedará colmatado o enterrado por el sedimento al cabo de un cierto tiempo.</p>				
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>				
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Aplicación de modelos analíticos sencillos, basados en las características de la arena de la zona y del oleaje.</i></li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Aplicación de modelos analíticos complejos, basados en las características de la arena de la zona, el oleaje y las corrientes.</i></li> <li>○ <i>Estudio mediante trampas de sedimentos</i></li> </ul>			
<b>Resto de arrecifes</b>	<p>En aquellos arrecifes en los que no se prevé una modificación importante en el transporte sedimentario no será necesario el estudio exhaustivo</p>			
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;"><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b></td> <td>Estos arrecifes están destinados a actuar directamente sobre el transporte sedimentario por lo que se hace necesario conocer mediante modelos matemáticos como se modificará dicho transporte y cuál es su efecto sobre el medio. El uso de trampas sedimentarias ayudará a determinar si la nueva situación tras el fondeo del arrecife se ajusta al modelo predictivo.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Arrecifes someros</b></td> <td>Este tipo de estudio será necesario siempre y cuando el arrecife artificial se quiera fondear dentro de la profundidad de cierre o a pocos metros de ésta.</td> </tr> </table>	<b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b>	Estos arrecifes están destinados a actuar directamente sobre el transporte sedimentario por lo que se hace necesario conocer mediante modelos matemáticos como se modificará dicho transporte y cuál es su efecto sobre el medio. El uso de trampas sedimentarias ayudará a determinar si la nueva situación tras el fondeo del arrecife se ajusta al modelo predictivo.	<b>Arrecifes someros</b>
<b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b>	Estos arrecifes están destinados a actuar directamente sobre el transporte sedimentario por lo que se hace necesario conocer mediante modelos matemáticos como se modificará dicho transporte y cuál es su efecto sobre el medio. El uso de trampas sedimentarias ayudará a determinar si la nueva situación tras el fondeo del arrecife se ajusta al modelo predictivo.			
<b>Arrecifes someros</b>	Este tipo de estudio será necesario siempre y cuando el arrecife artificial se quiera fondear dentro de la profundidad de cierre o a pocos metros de ésta.			
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>				
<b>Arrecifes de protección, turismo y mixtos</b>	<p>Este tipo de arrecifes interactúan directamente sobre el transporte sedimentario para modificar las zonas de erosión y deposición favoreciendo, por un lado, la creación de playas en zonas determinadas, el aumento de la superficie de las ya existentes o impidiendo su erosión y por otro, pueden elevar la batimetría del fondo sedimentario por el aumento de la deposición en zonas concretas para la generación de oleaje (uso turístico: surf, windsurf).</p>			
<b>Metodología recomendada</b>				
<p>Resulta indispensable la realización de un estudio específico para conocer si la zona proyectada para la ubicación de arrecifes está afectada o no por el transporte litoral, ya normal, ya paralelo a la costa. El estudio deberá poner de manifiesto la extensión de la zona afectada. En cada caso, el estudio debe de ser proporcionado al número y tipo de arrecifes a fondear.</p> <p>En la mayor parte de los casos resulta suficiente la aplicación de modelos analíticos sencillos, como el de Birkemeier (1985), basados en las características de la arena de la zona y del oleaje. No obstante, en las ocasiones en que se proyecte realizar una extracción de arena en zonas con corrientes destacadas (mareas elevadas, lugares cerca de estuarios, etc.), el modelo a utilizar debe de tener en cuenta, además del oleaje y las características del sedimento, también las corrientes.</p> <p>Por otro lado, la tasa de sedimentación se medirá a través de trampas sedimentarias colocándose en la zona prevista para el hundimiento con la adecuada replicación.</p>				

<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	
<p>El conocimiento de la geomorfología resulta imprescindible, no sólo para determinar el tipo de hábitat que se puede desarrollar en un arrecife, sino también para estudiar los posibles efectos que éste tendrá sobre el medio físico y viceversa (oleaje, transporte de sedimentos, etc). La instalación de cualquier arrecife artificial requiere necesariamente el conocimiento de los fondos en el lugar de fondeo, puesto que éstos influirán tanto en la estabilidad del arrecife, como en sus posibles impactos sobre el medio.</p>	
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>	
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Batimetría</li> <li>○ Geomorfología</li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Batimetría de precisión</i></li> <li>○ <i>Geomorfología con SBL</i></li> <li>○ <i>Tipología del sedimento</i></li> </ul>
<p><b>Resto de arrecifes</b></p>	<p>En el resto de tipos de arrecife no será necesario un conocimiento exhaustivo de la geomorfología de la zona, por lo tanto, en estos proyectos de arrecifes y a efectos de valoración de su influencia sobre el medio, no es necesario realizar un estudio morfológico y batimétrico específico si se cuenta con uno previo relativamente reciente, aunque siempre es recomendable.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b></p> <p>Para evaluar su impacto sobre el medio es necesario conocer la batimetría con exactitud, ya que estos arrecifes están destinados a actuar de forma específica sobre la dinámica marina, dependiente en gran medida de la batimetría de la zona. Por otro lado, estos arrecifes también están destinados a modificar la geomorfología. El preciso conocimiento previo de la geomorfología del fondo y de los alrededores permitirá, a través del programa de vigilancia, llegar a una buena precisión en la valoración de los efectos producido sobre esta variable ambiental.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Arrecifes de protección y recuperación de ecosistemas degradados</b></p> <p>Los arrecifes destinados a la protección ante las artes de pesca y a la recuperación de ecosistemas degradados también necesitan una mayor precisión en la definición de la geomorfología previa en el caso de que las comunidades a proteger de las artes de pesca o a recuperar caractericen la morfología del fondo. Por ejemplo si la comunidad a proteger o recuperar es la <i>Posidonia oceanica</i> (Comunidad que confiere a la geomorfología del fondo un aspecto característico reconocible a través de SBL), la protección de la misma puede provocar cambios en su cobertura y por tanto en la morfología del fondo. Por este motivo conocer su distribución previa y compararla con la cobertura que presenta durante</p>

			el seguimiento ambiental es fundamental, no solo para comprobar la eficacia de los arrecifes de recuperación o protección instalados sino también para valorar la influencia de estos sobre la variable ambiental geomorfología.
		<b>Arrecifes situados en zonas de alta hidrodinámica</b>	En estos lugares la ubicación de arrecifes artificiales puede interactuar con los procesos dinámicos y afectar de forma indirecta a factores ambientales como el transporte sedimentario, la hidrodinámica, la geomorfología de los fondos y de forma directa a la propia batimetría.
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>			
<b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico</b>	También para el desarrollo del proyecto es necesario conocer la batimetría detallada de la zona, ya que la forma en la que los arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico lo hacen interaccionando a través de elementos estructurales que modifican la dinámica y el transporte marino de la zona. Estos elementos estructurales interactúan sobre la hidrodinámica produciendo cambios en la batimetría de la zona, de ahí que sea esencial su conocimiento previo. El conocimiento previo detallado de la morfología del fondo es necesario para definir el tipo y tamaño de los elementos estructurales a fondear, sobre que zona se realizará dicho fondeo, de que forma y si se puedan aprovechar los elementos naturales presentes en la zona, todo ello para conferirle la máxima estabilidad.		
<b>Arrecifes de protección y recuperación de ecosistemas degradados</b>	Realizar un estudio de detalle de la geomorfología de la zona es necesario, además de por los motivos mencionados para conocer los efectos del fondeo sobre el medio (motivos también aplicables para conocer la viabilidad del proyecto o el efecto del medio sobre los arrecifes), para conocer la distribución y dimensiones de las marcas de las redes de arrastre (Necesario para el diseño del proyecto de fondeo de arrecifes artificiales destinados a la protección de los recursos bentónicos ante estas artes).		
<b>Resto de arrecifes</b>	Desde el punto de de vista del desarrollo del proyecto, es necesario conocer la batimetría ya que ésta define en gran medida el tipo de hábitat que albergará el proyecto (necesario para los arrecifes destinados a actuar sobre la biota), aunque su conocimiento no necesita ser tan exhaustivo como para los proyectos de arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico. De forma general, en el resto de arrecifes es necesario el estudio de los fondos, pero de forma menos detallada, puesto que la geomorfología de los mismos influirán en la estabilidad del arrecife		
<b>Metodología recomendada</b>			
Para determinar la <b>batimetría</b> de la zona es necesaria la obtención de registros sísmicos de alta resolución acústica.			
Para la realización de los trabajos batimétricos se utilizan los siguientes equipos:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de posicionamiento GPS diferencial.</li> <li>• Software de navegación y posicionamiento.</li> <li>• Ecosonda.</li> </ul>			



- Mareógrafo
- Barcos de apoyo.

Para el posicionamiento y control de navegación de la embarcación, se utilizará un sistema de posicionamiento GPS Diferencial, con al menos una precisión de +/- 1 metro de error. Este sistema se completa con un ordenador e impresora mediante los cuales se realiza un control de las derrotas del barco en tiempo real sobre los itinerarios, las líneas planificadas y la impresión de los datos totales. Posteriormente, en gabinete, los datos grabados en el soporte magnético o digital se procesan con un software específico para realizar y representar el curvado batimétrico.

La ecosonda empleada debe ser al menos monohaz bifrecuencia y contar con un registrador analógico o digital, y un transductor emisor-receptor, instalado en el costado del barco. La precisión operacional en el sitio debe ser de  $\pm 10$  cm.

Para conocer el nivel de marea se debe emplear un mareógrafo. Los cálculos para la variación de la marea se toman a partir de las variaciones de presión hidrostática, en un punto de cota conocida.

El estudio de la **morfología** de los fondos se realiza mediante sonar de barrido lateral. Este sistema se complementa con los sistemas descritos para la batimetría (GPS diferencial, software de navegación y posicionamiento y embarcación de apoyo) por lo que normalmente se realiza a la vez que ésta. Debe utilizarse un sonar de alta frecuencia, operando a una velocidad no superior a los 4 nudos, y con una cobertura a cada lado del pez inferior a los 75 metros.

<b>AGUAS</b>		
<p>Se considera necesario el conocimiento del estado del agua en la zona de implantación de cualquier arrecife, con el fin de poder evaluar a posteriori, los impactos que éste pueda tener sobre el medio. Además, para decidir sobre la viabilidad de un arrecife artificial con fines biológicos en una zona determinada, resulta fundamental el estudio de la calidad de las aguas ya que está influirá en gran medida sobre los procesos de desarrollo de la biota.</p>		
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>		
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Temperatura, salinidad y turbidez.</i></li> <li>○ <i>Concentración de materias en suspensión (MES).</i></li> <li>○ <i>Concentración de oxígeno disuelto.</i></li> <li>○ <i>Nutrientes inorgánicos disueltos.</i></li> <li>○ <i>Indicadores de contaminación fecal si se sospecha su presencia</i></li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Temperatura, salinidad y turbidez.</i></li> <li>○ <i>Concentración de materias en suspensión (MES).</i></li> <li>○ <i>Concentración de oxígeno disuelto.</i></li> <li>○ <i>Nutrientes inorgánicos disueltos.</i></li> <li>○ <i>Indicadores de contaminación fecal si se sospecha su presencia</i></li> <li>○ <i>Posibles contaminantes disueltos o asociados a materia particulada.</i></li> <li>○ <i>Posibles sustancias procedentes de los materiales no inertes del arrecife. (Caso de no ser inertes)</i></li> </ul>	
<p><b>Resto de arrecifes</b></p>	<p>Conocer estos parámetros es necesario, ya que durante el fondeo pueden incorporarse a la columna de agua elementos contenidos en el sedimento y consecuentemente producirse una merma en la calidad físico-química de ésta (Aumento de turbidez, disminución del oxígeno disuelto por la dilución de materia orgánica, etc.).</p>	<p><b>Arrecifes de producción, biofiltros y productividad</b></p> <p>Durante la fase operativa se producirán cambios en la calidad físico-química de las aguas por los procesos biológicos asociados. En este caso, es necesario tener un mejor conocimiento de la calidad de las aguas para poder valorar con mayor precisión las posibles alteraciones producidas por la presencia del arrecife.</p>
	<p><b>Arrecifes sobre sedimento contaminado</b></p> <p>Será necesario determinar la concentración en agua de estos contaminantes a nivel preoperacional, para valorar durante el programa de seguimiento de la instalación y fondeo del arrecife si se han incorporado a la columna de agua.</p>	
	<p><b>Arrecifes constituidos por materiales no inertes</b></p> <p>Se tendrán que analizar además, las sustancias que pudieran incorporarse procedentes de estos materiales ya que aunque se haya seguido un procedimiento de descontaminación existe la posibilidad de incorporar restos de estas sustancias contaminantes al medio. Conocer los valores preoperacionales de la concentración de dichas sustancias es fundamental</p>	

			para valorar la posible incorporación de éstos al agua durante la fase operacional.
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio exhaustivo de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>			
<b>Arrecifes biofiltros</b>	Se estudiará la calidad de las aguas aledañas al arrecife cultivo con objeto de determinar mediante el programa de vigilancia si los biofiltros cumplen con su objetivo y en qué medida.		
<b>Arrecifes biológico</b>	Para decidir sobre la viabilidad de un arrecife artificial con fines biológicos en una zona determinada, resulta fundamental el estudio de la calidad de las aguas, ya que si se trata de una zona altamente contaminada, difícilmente se lograrán los propósitos del arrecife.		
<b>Metodología recomendada</b>			
<p>Si la información establecida sobre la calidad del agua de la zona esta ausente o incompleta se precederá a la toma de muestras in situ.</p> <p><b>Medidas puntuales.</b> Dicha toma se hará mediante botella oceanográfica, en diversas estaciones distribuidas uniformemente dentro del área que se extiende unos 100 m más allá de la superficie de ocupación del arrecife artificial, en cualquier dirección. El número de estaciones de muestreo necesarias será de 1 estación por cada 10 Ha, siempre con un mínimo de 3 estaciones. En cada estación, se tomarán muestras de agua a tres profundidades: cerca de la superficie, a una profundidad intermedia y cerca del fondo.</p> <p>Todos los análisis de aguas se deberán realizar de acuerdo técnicas adecuadamente estandarizadas y, cuando resulten de aplicación para aguas marinas, con las establecidas en Standart Methods de la APHA.</p> <p><b>Perfiles hidrográficos.</b> Al objeto de completar la información de calidad de las aguas, coincidiendo con las mismas estaciones utilizadas para la obtención de muestras de agua, se debe proceder a la medida de los parámetros que tipifican la estructura de la columna de agua desde el punto de vista físico-químico (Temperatura, Oxígeno disuelto, pH, Potencial REDOX y Salinidad). Se recomienda que estas medidas se realicen mediante sonda multiparamétrica, sobre toda la columna de agua (en intervalos de dos metros o cuatro metros para calados mayores de 15 metros). Además, en cada estación de muestreo se procederá, a la estimación de la transparencia mediante la medida directa de la turbidez o bien mediante la utilización del disco de Secchi.</p> <p>En la medida de lo posible, se debieran realizar dos campañas de obtención de datos, una en verano y otra en invierno, de tal manera que se pueda contar con información sobre la variabilidad que, de manera natural, se produce sobre los diferentes parámetros.</p>			

<b>SEDIMENTOS</b>	
<p>El estudio de la calidad físico-química de los sedimentos se considera indispensable para analizar si la zona escogida para el fondeo del arrecife resulta adecuada para tal fin o no. El estudio de calidad de los sedimentos también se considera imprescindible para prever un hipotético paso de contaminantes al agua durante el fondeo de las estructuras. De cara a evaluar el impacto ambiental de la actuación, resulta imprescindible información de detalle acerca de la extensión de las arenas presentes, así como sus características físicas (fundamentalmente granulometría). Esta información, caso de no existir, únicamente puede ser adquirida a través de la toma de muestras y realización de los correspondientes ensayos de laboratorio.</p>	
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>	
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Granulometría</i></li> <li>○ <i>Materia orgánica</i></li> <li>○ <i>ICF (En el caso de sospecha)</i></li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Guía CEDEX playas ó</i></li> <li>○ <i>RGMD CEDEX</i></li> <li>○ <i>Posibles sustancias procedentes de los materiales no inertes del arrecife. (Caso de no ser inertes)</i></li> </ul>
<b>Resto de arrecifes</b>	<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico con dragados asociados</b></p> <p>La metodología a seguir para caracterizar la calidad físico-química de los sedimentos presentes en la zona de actuación será la establecida en la “<i>Guía metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas</i>” redactada por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), en 2003.</p>
	<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio Físico con dragados asociados en puertos</b></p> <p>La metodología a seguir será la establecida en las <i>Recomendaciones para la Gestión del Material Dragado en los Puertos Españoles (En adelante RGMD)</i>, redactadas por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) en 1994.</p>
	<p><b>Arrecifes de turismo y ocio de materiales no inertes</b></p> <p>La metodología a seguir será Guía CEDEX o RGMD según su ubicación y además se analizará el contenido en PCB’s y el de aceites y grasas ya que aunque se haya seguido un procedimiento de descontaminación, existe la posibilidad de incorporar restos de estas sustancias contaminantes al medio. Conocer los valores preoperacionales de la concentración de dichas sustancias es fundamental para valorar la posible incorporación</p>
<p>Se definirá la calidad sedimentaria del lecho de acogida según lo establecido en el estudio básico en todos los proyectos de arrecifes artificiales que se fondeen sobre sustrato sedimentario, para prever un hipotético paso de contaminantes al agua durante el fondeo de las estructuras (contaminación de las aguas).</p>	

			de éstos al sedimento adyacente durante la fase operacional.
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>			
<b>Arrecifes de turismo y ocio</b>	Se estudiará la calidad sedimentaria del lecho marino de acogida como parte del proyecto, ya que una mala calidad de los mismos puede inhibir el crecimiento de los organismos asociados a las estructuras, uno de los alicientes de este tipo de arrecifes		
<b>Arrecifes de producción, aumento de la producción, maricultura y para generar nuevos ecosistemas</b>	Se estudiará la calidad sedimentaria del lecho marino de acogida como parte del proyecto, ya que una mala calidad de los mismos puede inhibir el crecimiento de los organismos asociados a las estructuras, perjudicando la funcionalidad del arrecife.		
<b>Arrecifes biofiltros</b>	Se estudiará la calidad sedimentaria del lecho marino bajo las estructura de cultivo con objeto de determinar mediante el programa de vigilancia si los biofiltros cumplen con su objetivo y en qué medida.		
<b>Metodología recomendada</b>			
En el caso de no existir la información necesaria establecida en los estudios básico y exhaustivo se propone, para caracterizar el sedimento, seguir la metodología establecida en la “Guía metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas” o en las “RGMD” según el tipo de arrecife.			

<b>COMUNIDADES BIOLÓGICAS</b>	
<p>La caracterización de los ecosistemas marinos de la zona escogida para el emplazamiento de un arrecife, permite determinar el estado ecológico de la misma, y con ello justificar la necesidad o conveniencia de ciertas tipologías de arrecife. Además, se puede disponer así de un nivel de referencia para evaluar los posibles efectos a corto y largo plazo del arrecife, después de su instalación.</p>	
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>	
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Estudio general de la biota afectada</i></li> <li>○ <i>Valoración ecológica del medio</i></li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Estudio profundo de la biota afectada</i></li> <li>○ <i>Valoración ecológica del medio</i></li> </ul> <p><b>Estudios específicos según arrecife</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Estudio específico del Plancton</i></li> <li>○ <i>Estudio específico del Bentos</i></li> <li>○ <i>Estudio específico del Nécton</i></li> </ul>
<p><b>Resto de arrecifes</b></p>	<p>Conocer el estado de desarrollo de los ecosistemas presentes en la zona de actuación es necesario para cualquier tipología de arrecife a la hora de valorar la incidencia de éste sobre el medio, con especial interés sobre aquellos aspectos ecológicos que puedan verse influidos por arrecifes destinados a tal fin.</p>
	<p><b>Arrecifes cercanos a ecosistemas sensibles</b></p> <p>Una mayor definición en la delimitación y valoración de las comunidades bentónicas presentes en la zona del proyecto deben emplearse en todos aquellos arrecifes artificiales que se ubiquen cercanos a comunidades con un alto valor ecológico, protegidas, singulares o con presencia de especies de interés (protegidas o amenazadas), por ser éstas las más sensibles ante las alteraciones producidas sobre el medio.</p>
	<p><b>Arrecifes de recuperación de ecosistemas, protección y generación de nuevos ecosistemas</b></p> <p>Están destinados a producir variaciones ambientales reseñables en el entorno inmediato sobre todo sobre el bentos y el necton de ahí de la necesidad de acometer estudios específicos de esta parte de la biota.</p>
	<p><b>Arrecifes de atracción y concentración</b></p> <p>Las especies ictiológicas son las más influenciadas, por lo que habrá que estudiar esta componente de la biota con más detalle.</p>
	<p><b>Arrecifes de producción o dedicados a la maricultura</b></p> <p>El plancton es la fracción de organismos que mayores variaciones puede sufrir por lo que en estos casos será la componente de la biocenosis más estudiada.</p>
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>	
<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre la biota</b></p>	<p>En este caso, los motivos para estudiar con detalle como parte del proyecto los ecosistemas afectados son los mismos que los establecidos para determinar los efectos del arrecife</p>

	sobre el medio.
<b>Arrecifes de protección</b>	El conocimiento en detalle de la distribución de las biocenosis a proteger es necesario para determinar el diseño y localización de los arrecifes artificiales con el fin de optimizar su función como protección del medio.
<b>Arrecifes con fines educativos o de turismo y ocio</b>	En este caso el conocimiento detallado de los ecosistemas presentes en la zona de fondeo determinara el tipo de comunidad que se desarrollará en los nuevos arrecifes. En el caso de hundimiento de buques el atractivo turístico dependerá, por un lado, de la estructura que ofrece el buque para el buceo recreativo y por otro, por la vida submarina que atrae, también buscada por los buceadores recreativos. La concentración de especies dependerá de las características del buque y de los ecosistemas presentes en la zona.
<b>Arrecifes de concentración, recuperación de ecosistemas degradados y para generar nuevos ecosistemas.</b>	El diseño y localización de estos arrecifes vendrá asociado a la distribución de las comunidades aledañas que servirán de préstamo de las especies a concentrar, en el primero de los casos y de las comunidades a recuperar en el resto.
<b>Metodología recomendada</b>	
<p><b>Cartografía bionómica.</b> Para definir los límites de las distintas comunidades bentónicas presentes se puede emplear diferentes métodos. Los más precisos son aquellos que toman como base la batimetría y la morfología del fondo mediante SBL ya que la distribución de las comunidades bentónicas viene definida principalmente por la profundidad y el sustrato que la sustentan, entre otras variables (Recomendables como parte de los estudios exhaustivos). El uso de ortofotografía se ha mostrado también válido para definir con precisión los límites de las comunidades marinas bentónicas someras en aguas con escasa turbidez</p> <p>En cualquier caso, la identificación de cada comunidad debe realizarse mediante métodos de observación ya sea bien, mediante transectos en inmersión o bien, mediante transectos con video remolcado. La precisión de los límites de distribución de cada comunidad vendrá definida por la densidad de los transectos a realizar, en el caso de no disponerse de batimetría y geomorfología de la zona.</p> <p>En general para caracterizar las <b>comunidades nectobentónicas</b>, este tipo de estudios se abordan con una metodología diferente en función del tipo de sustrato. En aquellas zonas donde existan fondos blandos se realiza un muestreo mediante draga y observaciones o filmaciones submarinas. Cuando se trata de sustratos duros, el muestreo mediante buceadores especializados complementado con la filmación submarina es la técnica más recomendable.</p> <p>Los estudios sobre el <b>plancton</b>, dada su variabilidad estacional o anual, pueden realizarse por medios bibliográficos. En el caso de no existir información suficiente o que se requiera por el tipo de arrecife a fondear se pueden realizar muestreos directos. Para estos muestreos existen diferencias si se trata de zooplancton o fitoplancton. Para el zooplancton se emplean mangas de zooplancton, mientras que para el fitoplancton se toma una muestra de agua con botella oceanográfica que es posteriormente filtrada. Como se ha comentado anteriormente, dado el carácter estacional de estas comunidades, los muestreos para caracterizarlas deberían ser trimestrales, aunque la frecuencia y densidad de dichos muestreos vendrán definidos por el tipo y ubicación del arrecife que se proyecte.</p> <p>Para cada una de las comunidades existentes en la zona se deberán determinar las principales especies componentes, prestando especial atención a la existencia de especies protegidas, endémicas, raras o de especial interés científico. Además de la propia cartografía asociada, resultan necesarios otros descriptores ecológicos que informan sobre el estado de las propias comunidades (diversidad, grado de representación de las especies características, densidad y cobertura vegetal para el caso de praderas de fanerógamas marinas, rareza, estado de conservación, etc.).</p>	

<b>PAISAJE</b>			
<p>La caracterización del paisaje costero o submarino de la zona escogida para el emplazamiento de un arrecife se estima necesaria ya que, al presentarse como una expresión destacable y visible del territorio, cualquier actuación que se desarrolle sobre un espacio concreto alteraría los valores iniciales del mismo. Mediante su estudio se puede disponer de un nivel de referencia para evaluar los posibles efectos a corto y largo plazo del arrecife sobre esta variable, después de su instalación.</p>			
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>			
<b>Estudio básico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Descripción general de los principales elementos definitorios del paisaje supralitoral</i></li> <li>○ <i>Paisaje submarino (Sólo para el hundimiento de buques)</i></li> </ul>		<b>Estudio exhaustivo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Estudio de las cuencas visuales</i></li> <li>○ <i>Potenciales de visualización</i></li> <li>○ <i>Fotomontajes (Sólo en el caso de la modificación de paisajes singulares)</i></li> </ul>	
<b>Resto de arrecifes</b>	<p>En todos ellos es necesario conocer los elementos definitorios del paisaje supralitoral para valorar la posible incidencia que puedan ejercer la presencia de las labores de fondeo e instalación sobre éste.</p>	<b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico</b>	<p>Alguno de estos arrecifes están destinados a modificar la geomorfología de la costa por lo que para valorar como afectan estos cambios a los observadores potenciales será necesario evaluar desde que puntos son observables estos cambios (Cuencas visuales) y cuantificar a los observadores potenciales (Potenciales de visualización)</p>
<b>Arrecifes de turismo y ocio y de función educativa (Hundimiento de Barcos)</b>	<p>En este caso, también es necesario conocer el paisaje submarino, ya que la presencia de embarcaciones hundidas modificará de forma sustancial los elementos definitorios del paisaje submarino. Dichos cambios son observables por buceadores deportivos (Observadores potenciales).</p>	<b>Arrecifes de turismo y ocio destinados a la modificación del oleaje.</b>	<p>Estos arrecifes están destinados a la creación de oleaje para la práctica del surf o el windsurf. El estudio exhaustivo es necesario por lo mismos motivos que los expuestos para los arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico</p>
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>			
<b>Arrecifes de turismo y ocio y de función educativa (Hundimiento de barcos)</b>	<p>El buceo recreativo asociado al hundimiento de embarcaciones se basa en el reclamo que representa para los buceadores, por un lado, la biodiversidad generada asociada a la propia embarcación y por otro, las variaciones paisajísticas que propician las nuevas estructuras. Conocer el paisaje preoperacional es necesario a la hora de determinar como serán las variaciones paisajísticas producidas por el hundimiento de embarcaciones y conseguir así que éstas sean atractivas para los buceadores recreativos.</p>		
<b>Metodología recomendada</b>			
<p>Para caracterizar y valora el paisaje afectado por la actuación se recomienda seguir las directrices establecidas en la "Guía para la elaboración de estudios del medio Físico" Ministerio de Medio Ambiente (tercera edición, 2006).</p>			



<b>SOCIOECONOMÍA</b>	
<p><b>Descripción:</b> Esta parte del estudio debe incluir, exclusivamente, las implicaciones económicas de los efectos ambientales derivados del fondeo de arrecifes artificiales. Se trata, pues, de identificar y valorar adecuadamente el aprovechamiento económico que se realiza o realizará en la zona de fondeo y las zonas de influencia (protección de zonas de fondeo, creación de playas, etc). Fundamentalmente se centrará en los recursos marinos que se exploten en la actualidad, se haya explotado en un pasado inmediato (y se piense que pueden ser de nuevo explotados), o se prevea puedan tener un aprovechamiento futuro.</p>	
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>	
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Pesquerías</i></li> <li>○ <i>Infraestructuras</i></li> <li>○ <i>Vertidos</i></li> <li>○ <i>Figuras de protección</i></li> <li>○ <i>Estudio socioeconómicos específicos</i></li> </ul>	<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Pesquerías: Caladeros de pesca, flota pesquera, artes de pesca, volumen de capturas y especies objeto</i></li> <li>○ <i>Patrimonio</i></li> <li>○ <i>Infraestructuras</i></li> <li>○ <i>Vertidos</i></li> <li>○ <i>Figuras de protección</i></li> <li>○ <i>Estudio Socioeconómicos específicos</i></li> </ul>
<p><b>Resto de arrecifes</b></p>	<p>En todos ellos es necesario conocer la presencia-ausencia de infraestructuras marítimas, vertidos, figuras de protección, los recursos y la actividad pesquera para valorar la posible incidencia del arrecife sobre estas variables</p>
	<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre la biota</b></p> <p>Producirán modificaciones en la estructura poblacional de determinados recursos por lo que es necesario conocer éstos a fondo y valorar así su afección.</p>
	<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico</b></p> <p>En este caso el estudio socioeconómico se centrará sobre las implicaciones socioeconómicas derivadas del fondeo del arrecife según los objetivos planteados. Por ejemplo, aquellos destinados a interactuar sobre las playas deben centrarse en definir el uso recreativo asociado al turismo de sol y playa de la zona, aquellos destinados a proteger zonas de fondeo deben centrarse en el uso náutico recreativo, comercial o pesquero de la zona y así sucesivamente.</p>
<p><b>Arrecifes de turismo y ocio y de función educativa</b></p> <p>En este caso los estudios socioeconómicos deben centrarse en el buceo recreativo y didáctico que se realiza en la zona de fondeo y todo el desarrollo turístico que conllevan.</p>	
<b>Tipología de arrecifes que necesitan el estudio de esta variable al objeto de desarrollar el proyecto</b>	
<p><b>Arrecifes destinados a actuar sobre los recursos pesqueros</b></p>	<p>En este caso, los motivos para estudiar con detalle como parte del proyecto los factores socioeconómicos afectados son los mismos que los establecidos para determinar los efectos del arrecife sobre el medio.</p>

<b>Resto de arrecifes</b>	Es necesario el estudio de todas las variables establecidas en el estudio básico para determinar si la interacción variable-arrecife es compatible y de que forma, con el fondeo del propio arrecife.
<b>Metodología recomendada</b>	
<p>El estudio socioeconómico se basará en la información disponible en medios documentales. Únicamente será necesario acudir a la realización de nuevos estudios cuando no exista información suficiente, cuando la información no reúna las mínimas exigencias de calidad o cuando se trate de una información ya obsoleta</p> <p>Para determinar y caracterizar las <b>figuras de protección</b> se obtendrán datos de la administración competente, para los <b>vertidos</b>, se usaran los inventarios de las CCAA y para las <b>infraestructuras</b>, se utilizarán las cartas náuticas actualizadas de la zona y las consulta a la autoridad marítima competente.</p> <p>Para los <b>estudios socioeconómicos específicos</b> (Socioeconomía asociada al turismo de playas, asociada al turismo náutico-deportivo, asociada al buceo recreativo, etc.) se emplearan los datos recabados de cada actividad referentes a población afectada, valores económicos de la actividad y empleo, entre otros.</p> <p>Para caracterizar la <b>actividad pesquera</b> de la zona se determinarán, al menos, los bancos de pesca presentes, las zonas de cría o engorde, las zonas de cultivos marinos, los bancos de algas aprovechables y las zonas de aprovechamiento para la captura de invertebrados marinos. En los estudios exhaustivos se determinarán además los caladeros de pesca, la flota pesquera, las artes de pesca empleadas, el volumen de capturas y las especies objeto. La posible ausencia de estos datos en la zona de fondeo obligaría a la realización de pescas experimentales a fin de determinarlos. Se recomienda, para las pescas experimentales, contar con embarcaciones y pescadores locales, así como con las artes empleadas usualmente en la zona.</p>	

<b>PATRIMONIO HISTÓRICO</b>			
<p>Todo proyecto de instalación de arrecifes artificiales deberá garantizar que la actuación no tendrá ninguna afección sobre el patrimonio histórico-artístico y arqueológico de la zona.</p>			
<b>Estudios necesarios para conocer esta variable y su posible afección</b>			
<p><b>Estudio básico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Consulta en el catálogo del patrimonio cultural de la administración competente</i></li> </ul>		<p><b>Estudio exhaustivo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Prospección arqueológica</i></li> <li>○ <i>Proyecto de intervención arqueológica</i></li> </ul>	
<b>Resto de arrecifes</b>	<p>En todos ellos es necesario conocer la presencia-ausencia de patrimonio para valorar la posible incidencia del arrecife sobre esta variable</p>	<b>Arrecifes ubicados en zonas de interés arqueológico</b>	<p>Las mayores probabilidades de que estas zonas presenten algún tipo de resto arqueológico no catalogado hacen necesario abordar estudios previos de prospección arqueológica para garantizar la ausencia de afección sobre dichos restos.</p>
<b>Metodología recomendada</b>			
<p>En zonas someras se recomienda la realización inspecciones visuales llevadas a cabo por buceadores especializados en arqueología submarina, siendo la técnica de prospección visual por trineo de tracción la que mejor se adapta a los proyectos de fondeo de arrecifes artificiales, ya que la prospección visual por cuadrícula o circular, sólo se emplean en zonas de reducida extensión.</p> <p>A partir de los 25 metros y para grades extensiones, se recomienda el empleo del sonar de barrido lateral.</p> <p>Complementariamente y si los resultados de la inspección visual o con sonar de barrido lateral lo sugieran, podrán realizarse verificaciones, mediante R.O.V. o por prospección magnetométrica, de las anomalías observadas.</p>			

## 2.5.- IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

### 2.5.1.- Identificación de impactos

Toda interacción entre los elementos generadores de perturbación propios de la instalación y funcionamiento del arrecife artificial a instalar y las variables ambientales presentes en el entorno receptor afectado, representan un tipo de efecto potencial, que deberá evaluarse adecuadamente en base a criterios objetivos. La identificación de efectos significativos surge del análisis de los riesgos potenciales sobre los elementos más sensibles.

Para ello, se suele hacer uso de una matriz, Matriz de identificación, tipo causa-efecto que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas filas figuran los elementos generadores de impacto, en la que se establecen tres relaciones definitivas, una para cada periodo de interés considerado, es decir, acciones susceptibles de producir impactos durante la fase de construcción o instalación del arrecife artificial, durante su fase de funcionamiento y durante su fase de abandono o posible retirada, y dispuesto en columnas, figuran los diferentes elementos receptores de impacto que reciben las acciones determinadas anteriormente. Las casillas confrontadas cuya relación entre el componente ambiental y la acción del proyecto quede, en principio, patente son marcadas, diferenciando las relaciones positivas, las negativas y las neutras, siendo posteriormente objeto de valoración.

Para identificar los elementos generadores de impactos, se deben diferenciar, de la forma más estructurada posible, los elementos propios del proyecto de arrecife artificial atendiendo a su:

- *Significatividad*, capacidad de generar alteraciones.
- *Independencia*, para evitar duplicidades.
- *Vinculación a la realidad* del proyecto.
- Posibilidad de *cuantificación*.

De acuerdo con lo anterior, la distribución de los elementos generadores de impacto dentro de los periodos constructivos, de funcionamiento y de desmantelamiento o abandono queda tal y como recoge la siguiente tabla:

PERIODOS	Elementos generadores de impacto
<b>Fase de Construcción</b>	Transporte de los elementos estructurales al lugar de fondeo
	Labores de fondeo de los elementos estructurales
	Presencia de los medios utilizados en labores de instalación
<b>Fase de Funcionamiento</b>	Actividad biológica del arrecife artificial
	Presencia de la estructura fondeada
	Funcionalidad del arrecife artificial
<b>Fase de Desmantelamiento o Abandono</b>	Retirada de los elementos estructurales
	Transporte de los elementos estructurales a su lugar de depósito definitivo
	Presencia de las labores de desmantelamiento
	Presencia de los elementos estructurales residuales

Asimismo, los elementos receptores de impacto deben estar encuadrados dentro de los siguientes sistemas: Físico-Natural, Perceptual, Socioeconómico y Cultural. Cada uno de ellos contiene los subsistemas correspondientes y adecuados a su relación con la instalación y fondeo de estos arrecifes artificiales. Para la definición y elección de los mismos deben contemplarse una serie de criterios que garanticen el perfecto funcionamiento del método de identificación de los impactos potenciales. Así los componentes seleccionados deben ser:

- *Representativos* del entorno afectado.
- *Relevantes*.
- Portadores de *información significativa*.
- *Excluyentes* sin solapamientos ni redundancias.
- *Fácil identificación y cuantificación*.

Teniendo presente todo lo comentado, la distribución de los elementos receptores de impacto dentro de los sistemas y subsistemas del entorno afectados por la instalación de arrecifes artificiales queda tal y como se presenta a continuación:

<b>SISTEMA FÍSICO-NATURAL</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Elemento Receptor de Impacto</b>
Medio atmosférico	Calidad del aire
Medio terrestre	Morfología costera (dinámica litoral)
Medio marino	Morfología submarina (variaciones batimétricas)
	Calidad hidrológica
	Calidad sedimentaria
	Comunidades bentónicas
	Comunidades pelágicas
<b>SISTEMA PERCEPTUAL</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Elemento Receptor de Impacto</b>
Medio perceptual	Paisaje costero, marino y submarino
	Niveles sonoros y vibraciones
<b>SISTEMA SOCIOECONÓMICO Y HUMANO</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Elemento Receptor de Impacto</b>
Medio social	Empleo directo e indirecto
	Espacios recreativos y de ocio
Medio económico	Actividad pesquera (pesca artesanal)
	Turismo
Medio infraestructural y otros usos	Infraestructuras
	Fondeaderos
	Navegación
	Caladeros
<b>SISTEMA CULTURAL</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Elemento Receptor de Impacto</b>
Medio histórico-cultural	Patrimonio histórico

Por último, los elementos generadores de impacto y los receptores de los mismos interactuarán a través de una serie de mecanismos, lineales en algunos casos y complejos en otros, que permitirán la definición de todas y cada una de las relaciones obtenidas y que dan lugar a los efectos potenciales principales.

### **2.5.2.- Valoración de los impactos**

Una vez identificados los elementos generadores y receptores de impactos y las relaciones o cruces entre ellos, se está en disposición de comenzar con la valoración de los impactos ambientales asociados tanto a la instalación, como al funcionamiento y desmantelamiento de los arrecifes artificiales. Para valorar adecuadamente estos impactos, se propone agrupar todas las relaciones o cruces obtenidas para cada uno de los subsistemas, ofreciéndose la debida respuesta, al menos, a los apartados que a continuación se detallan:

Descripción Básica del Impacto. Incluye una descripción de todas las relaciones existentes entre las acciones derivadas del proyecto de arrecife artificial, tanto en la fase constructiva como en la de funcionamiento y de desmantelamiento, y los elementos receptores incluidos en cada uno de los sistemas considerados. Se estima especialmente relevante detallar todos y cada uno de los mecanismos que pueden llegar a desencadenar la generación de impactos, para así poder entender la forma en que se producen y desarrollan. Ello permite contar con un conocimiento detallado de la alteración en su conjunto, aspecto que se considera fundamental para la correcta aplicación de las Medidas Moderadoras que se consideren oportunas.

Caracterización del Impacto. Matriz de Interacciones. Para la caracterización del impacto se considera imprescindible presentar la denominada Matriz de Interacciones. En esta matriz, que deberá limitarse a la caracterización de los efectos más notables, aparecen en las filas las relaciones “*Acciones impactantes (elementos generadores) - Factores ambientales (elementos receptores)*” de mayor importancia y en columnas los descriptores de la caracterización de los impactos tal y como se describe en el R.D. 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D.L. 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, es decir:

- Signo
  - *Efecto Positivo (P)*: Mejora de la situación actual.
  - *Efecto Negativo (N)*: Pérdida en el valor actual.
- Persistencia
  - *Efecto Temporal (T)*: Supone una alteración no permanente en el tiempo.
  - *Efecto Persistente (PR)*: Supone una alteración permanente en el tiempo.
- Acumulación
  - *Efecto Simple (S)*: Actúa sobre un único elemento ambiental y/o no induce efectos secundarios ni acumulativos.
  - *Efecto Acumulativo (A)*: Aumenta su gravedad en el tiempo.
- Momento
  - *Efecto a Corto, Medio o Largo plazo (CP, MP, LP)*: Aquel cuya incidencia puede manifestarse, respectivamente, dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de cinco años, o en un periodo superior.

- Inmediatez
  - *Efecto Directo (D)*: Con efecto inmediato sobre un componente ambiental.
  - *Efecto Indirecto (I)*: Supone una incidencia inmediata respecto a la relación de un factor ambiental con otro.
  
- Reversibilidad
  - *Efecto Reversible (RV)*: Puede ser asimilado.
  - *Efecto Irreversible (IRV)*: Imposibilidad de retornar a la situación inicial.
  
- Posibilidad de recuperación
  - *Efecto Recuperable (RC)*: Alteración que puede eliminarse.
  - *Efecto Irrecuperable (IR)*: Alteración imposible de reparar.
  
- Periodicidad
  - *Efecto Periódico (PE)*: Aquel que se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo.
  - *Efecto Irregular (IE)*: Aquel que se manifiesta de forma imprevisible.
  
- Continuidad
  - *Efecto Continuo (CN)*: Se manifiesta con una alteración constante en el tiempo.
  - *Efecto Discontinuo (DC)*: No se manifiesta con una alteración constante en el tiempo.

Una vez caracterizados los efectos se esta en disposición de incluir la terminología de valoración de impactos, que también aparece descrita en la normativa referida. Esta es la siguiente:

- Impacto Ambiental Compatible (C): Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
  
- Impacto Ambiental Moderado (M): Aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere de un cierto tiempo.
  
- Impacto Ambiental Severo (S): Aquel en que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un periodo de tiempo dilatado.
  
- Impacto Ambiental Crítico (Cr): Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras y correctoras.

Intensidad prevista del Impacto. Este apartado debe contemplar la magnitud de la incidencia del proyecto de arrecife artificial sobre la variable ambiental considerada, incluyéndose y teniéndose en cuenta la calidad de conservación y representación específica de la misma. Los valores que debe adoptar este parámetro serán Intensidad Alta, Media Alta, Media, Media Baja, Baja y Nula. La determinación de la intensidad será de especial relevancia a la hora de jerarquizar los diferentes impactos que presenten una misma valoración (Compatible, Moderado, Severo o Crítico), siendo por ello especificado en el momento de la tipificación del impacto.

Sinergia con otros impactos. En este apartado se describen las posibles relaciones de sinergias que puedan existir entre dos componentes ambientales e incluso entre dos variables. Marca el reforzamiento o debilitamiento de dos o más efectos simples, es decir, su acción conjunta no coincide con la adición de ambas por separado, pudiendo ser mayor o menor.

Tipificación del Impacto. Una vez determinados la totalidad de los parámetros anteriores presentada toda la ficha de impacto, sólo queda introducir la valoración del impacto para la variable ambiental en su conjunto. A la valoración establecida (Compatible, Moderado, Severo o Crítico), le seguirá la intensidad obtenida para que pueda ser jerarquizado adecuadamente en la siguiente fase.

Una vez determinadas tanto la *Matriz de Identificación* como la *Matriz de Interacciones*, se está en disposición de obtener una tercera matriz, *Matriz de Importancia o Resumen*, que recoja la totalidad de la valoración cualitativa, detallándose en cada caso el carácter del impacto. Esta será una matriz resumen de todo el proceso seguido hasta ahora, presentando el mismo formato que la *Matriz de Identificación*, pero con la salvedad de que las marcas que aparecían en esta última matriz serán sustituidas por el carácter del efecto, ya sea Nulo o Poco Significativo (O), Compatible (C), Moderado (M), Severo (S) o Crítico (Cr).

### **2.5.3.- Valoraciones finales y diagnóstico**

Por último, se realiza una evaluación y un diagnóstico global que permite obtener una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto de arrecife artificial. Además, con esto se deben resolver todas aquellas incertidumbres que el proceso de identificación y valoración descrito haya generado, aclarando y matizando el alcance real del estudio.

Al margen de detallar y valorar las incidencias medioambientales y sociales detectadas en el proceso de evaluación, se lleva a cabo un diagnóstico general, donde además de tratarse las relaciones directas entre las acciones del proyecto y las variables ambientales, se incluyen aquellas relaciones indirectas o las generadas por influencias dobles o consecuencia de otras.

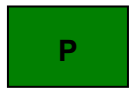
Una vez determinado esto, se está en disposición de jerarquizar los impactos, siendo presentado en riguroso orden de importancia.

### **2.5.4.- Matrices genéricas de comprobación de impactos**

Con objeto de facilitar la identificación y valoración de los principales impactos ambientales asociados a la instalación de cada uno de los tipos de arrecifes artificiales recogidos en la presente guía metodológica, se ha optado por diseñar una matriz genérica de comprobación de los mismos. En ella se identificarán, por separado para cada tipología de estructura, los impactos ligados a las diferentes fases del proyecto de arrecife artificial, identificándose mediante una paleta de colores, la importancia de los mismos. Con ello habrán sido detectadas aquellas variables ambientales que, potencialmente, se verán mayormente afectadas por la instalación de los arrecifes artificiales, siendo éstas las que con mayor profundidad y atención deberán ser estudiadas a la hora de planificar los estudios específicos y de detalles que conforman los estudios de impacto ambiental.



## Leyenda de las matrices genéricas de comprobación de impactos



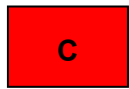
**Impacto positivo:** Son impactos que favorecerán al entorno receptor del arrecife artificial, mejorando las condiciones naturales de su estado preoperacional. No será objeto de estudio y/o seguimiento específico a no ser que las mejoras comentadas coincidan con el fin de la instalación del arrecife artificial.



**Impacto nulo o poco significativo:** Este tipo de impacto, si bien puede llegar a manifestarse, su incidencia será asumida inmediatamente por el entorno de forma natural. No será objeto de estudio y/o seguimiento específico.



**Impacto significativo:** Este tipo de impacto se manifiesta de forma relevante en el entorno de instalación del arrecife artificial. Suelen ser asumidos de forma natural a medio o largo plazo o a corto plazo utilizando para ello acciones correctoras específicas. Serán objeto de estudio y/o seguimiento específico.



**Impacto no asumible.** Estos impactos se manifestarán de forma irreversible y continua sobre el entorno receptor del arrecife artificial. Serán objeto de estudio específico y detallado en las primeras etapas de la toma de decisiones de la definición del proyecto, a fin de modificar los parámetros definitorios causantes de tales impactos. Se deberán redefinir dichos parámetros para así minimizar la afección detectada, a no ser que se logren con ellos beneficios significativos sobre otras variables ambientales que sopesen la afección primera.

**MATRIZ GENÉRICA DE COMPROBACIÓN DE IMPACTOS PARA ARRECIFES DESTINADOS A ACTUAR SOBRE EL MEDIO FÍSICO**

RECEPTORES		FASE DE CONSTRUCCIÓN			FASE DE FUNCIONAMIENTO			FASE DE DESMANTELAMIENTO			
GENERADORES		Transp. elementos estructurales	Labores de fondeo	Presencia labores instalación	Act. biológica	Presencia estructura fondeada	Funcionalidad arrecife art.	Retirada elementos estructurales	Transp. elementos estructurales	Presencia labores de desmant.	Presencia elementos residuales
<b>SISTEMA FÍSICO-NATURAL</b>											
Medio atmosf.	Calidad del aire	N	N				P	N	N		
Medio terrestre	Morfología costera						S	S			S
	Morfología submarina		N				S	S			S
Medio marino	Calidad hidrológica	N	S		N		N	S	N		N
	Calidad sedimentaria		S		N		N	S			N
	Comunidades bentónicas		C		P		N	C			P
	Comunidades pelágicas	S	S		P		N	S	S		P
<b>SISTEMA PERCEPTUAL</b>											
Medio perceptual	Paisaje marino y submarino			S		S				S	
	Niveles sonoros y vibraciones	S	S			S		S	S		N
<b>SISTEMA SOCIOECONÓMICO Y HUMANO</b>											
Medio social	Empleo directo e indirecto	P	P				P	P	P		N
Medio económico	Espacios recreativos y de ocio	S	S		P		P	S	S	N	N
	Actividad pesquera	S	S		P		S	S	S		P
	Turismo	N	N		P	P	P	S	S		N
Medio infraestructural y otros usos	Infraestructuras		S		S		P				N
	Fondeaderos						P				S
	Navegación	S	S			S	S	S	S		S
	Caladeros	N	S		S		S	S	N		N
<b>SISTEMA CULTURAL</b>											
Medio hist.-cult.	Patrimonio histórico		S				S				

GENÉRICA DE COMPROBACIÓN DE IMPACTOS PARA ARRECIFES DESTINADOS A ACTUAR SOBRE LA BIOTA

RECEPTORES	FASE DE CONSTRUCCIÓN				FASE DE FUNCIONAMIENTO				FASE DE DESMANTELAMIENTO			
	Transp. elementos estructurales	Labores de fondeo	Presencia labores instalación	Act. biológica	Presencia estructura fondeada	Funcionalidad arrecife art.	Retirada elementos estructurales	Transp. elementos estructurales	Presencia labores de desmant.	Presencia elementos residuales		
<b>SISTEMA FÍSICO-NATURAL</b>												
Medio atmosf.	N	N		N		N	N					
Medio terrestre				S		S	S					
Medio marino		S		N		P	S					
		S		N		P	S					
		C		P		P	C					
		S		P		P	S					
<b>SISTEMA PERCEPTUAL</b>												
Medio perceptual			S		S				S			
<b>SISTEMA SOCIOECONÓMICO Y HUMANO</b>												
Medio social	P	P				P	P					
Medio económico	S	S		P		P	C		S			
	N	N			P		N		N			
Otros usos	S	S		S			S					
<b>SISTEMA CULTURAL</b>												
Medio hist.-cult.		S										

GENÉRICA DE COMPROBACIÓN DE IMPACTOS PARA ARRECIFES DESTINADOS A OTROS USOS

RECEPTORES	GENERADORES			FASE DE CONSTRUCCIÓN			FASE DE FUNCIONAMIENTO			FASE DE DESMANTELAMIENTO		
	Transp. elementos estructurales	Labores de fondeo	Presencia labores instalación	Act. biológica	Presencia estructura fondeada	Funcionalidad arrecife art.	Retirada elementos estructurales	Transp. elementos estructurales	Presencia labores de desmant.	Presencia elementos residuales		
<b>SISTEMA FISICO-NATURAL</b>												
Medio atmosf.												
Medio terrestre												
	Calidad del aire	N										
	Morfología costera											
	Morfología submarina		N									
	Calidad hidrológica	N										
	Calidad sedimentaria		S									
	Comunidades bentónicas		C									
	Comunidades pelágicas	S	S									
<b>SISTEMA PERCEPTUAL</b>												
Medio perceptual	Paisaje marino y submarino					S						
	Niveles sonoros y vibraciones	S	S									
<b>SISTEMA SOCIOECONÓMICO Y HUMANO</b>												
Medio social	Empleo directo e indirecto	P	P									
	Espacios recreativos y de ocio	N	S	N	S							
	Actividad pesquera	S	S									
Medio económico	Turismo	S	S	S								
	Infraestructuras											
Medio infraestructural y otros usos	Fondeaderos											
	Navegación	S	S									
	Caladeros	S	S									
<b>SISTEMA CULTURAL</b>												
Medio hist.-cult.	Patrimonio histórico		S									

## 2.6.- MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

El listado de medidas que se proponen son una referencia, que evidentemente, en cada estudio específico se han de concretar y definir, e incluso completar e incrementar.

Cuando se habla de medidas minimizadoras de impacto, se ha de considerar el momento de aplicación de las mismas y el efecto que pueden tener sobre el factor ambiental considerado.

De esta forma, se habla de:

- Medidas moderadoras o preventivas: Son aquellas medidas encaminadas a prevenir la aparición de un impacto.
- Medidas correctoras propiamente dichas: Son aquellas que se aplican después de la aparición de un impacto, y tienen como objetivo reducir al máximo los efectos del mismo.
- Medidas compensatorias: Son aquellas que se aplican cuando sobre un determinado impacto de una magnitud significativa no se pueden aplicar medidas correctoras que lo minimicen, y se debe aplicar otras medidas en otras zonas que compensen el daño causado.

En todo caso, la redacción y aplicación de estas medidas debe quedar refrendada, como objetivo principal, con la filosofía expuesta por la *Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la Evaluación de las Repercusiones de determinados Proyectos Públicos y Privados sobre el Medio Ambiente*, documento en el que se han basado todas las normativas de los Estados miembros para desarrollar sus políticas medioambientales. En esta Directiva se cita textualmente

*“(...) la mejor política de medio ambiente consiste en evitar, desde el principio, la creación de contaminaciones o daños, más que combatir posteriormente sus efectos y afirmar la necesidad de tener en cuenta, lo antes posible, las repercusiones sobre el medio ambiente de todos los procesos técnicos de planificación y decisión (...)”.*

Esta filosofía deberá ser asumida en la redacción de cualquier proyecto de instalación de arrecife artificial, adoptándose las medidas necesarias de planificación y protección a fin de afrontar la fase de toma de decisiones con los criterios adecuados y suficientes para una correcta definición del proyecto. Lógicamente, esta situación de estrecha colaboración entre redactores del proyecto y equipo de ambientalistas, deberá permitir la detección de todas las afecciones potenciales con carácter apriorístico, limitándose la posibilidad de adopción de medidas correctoras ya que, por definición, su finalidad última es la de regenerar determinados vectores ambientales degradados por el proyecto, entrando en funcionamiento durante la ejecución o una vez se haya desarrollado la actuación.

De esta forma, cobra especial relevancia la fase de diseño de proyecto, debiendo ajustar cada uno de sus parámetros definitorios a los condicionantes medioambientales establecidos tras el análisis detallado del medio receptor. No obstante, aunque se cumpla con todo lo descrito anteriormente, resulta recomendable definir **medidas de carácter corrector** a fin de minimizar, en la medida en que sea posible, los impactos residuales tras la instalación del arrecife artificial, garantizándose, con ello, el futuro arrecife y la sostenibilidad ambiental del mismo. Estas medidas deberán ser definidas para cada proyecto en concreto (no siendo recomendable su

inclusión en la presente guía metodológica), debido a que deben actuar sobre incidencias o efectos muy particulares. Como complemento a ello, se deberá articular, dentro del programa de vigilancia ambiental, un procedimiento en base al cual se puedan diseñar e incorporar medidas de esta naturaleza, no consideradas a la hora de la redacción del proyecto en sí, pero que, debido al desarrollo de las actuaciones de instalación del arrecife, se estime necesaria su aplicación para la minimización de los impactos ambientales no considerados a la hora de la redacción del correspondiente estudio de impacto ambiental.

### **2.6.1.- Medidas preventivas de carácter general**

- Delimitación y jalonado de áreas de trabajo
- Delimitación y jalonado de todos los elementos detectados de alto valor ambiental y cultural
- Selección de equipos de operación y calendario de las operaciones, de manera que se limiten los impactos sobre las comunidades tanto de bentos como de necton (y sus fases planctónicas) y sus ciclos de vida, así como sobre las principales actividades socioeconómicas llevadas a cabo en la zona.
- Control del estado de la maquinaria utilizada y comprobación de la correcta periodicidad y alcance de las labores de mantenimiento de la misma.
- Delimitación de pasillos de navegación para las embarcaciones entre la zona de partida y la de deposición de los elementos estructurales, de manera que la ruta seguida por las embarcaciones discurra lo más alejada posible de los recursos a proteger.
- En los casos de que el fondeo se realice en zonas de alto potencial arqueológico, realizar el correspondiente proyecto de intervención arqueológica, tramitarlo administrativamente y ajustarlo a los condicionados expuestos por el órgano competente en la materia. Se considera recomendable la presencia *in situ* de un especialista en la materia de manera que se garantice una respuesta inmediata en caso de aparecer algún resto de valor arqueológico o cultural.
- Cumplir minuciosamente con lo expuesto en el Anexo III Protocolo de Descontaminación y Acondicionamiento de barcos para la creación de arrecifes artificiales.
- Con el objetivo de minimizar los riesgos para los trabajadores, se acompañará un Plan de Prevención de Riesgos Laborales y las Medidas de Seguridad e Higiene preceptivas, prestándose especial atención a las particularidades que supone el trabajar en el mar. El marco normativo estaría compuesto, entre otras disposiciones, por las que a continuación se exponen: RD 863/85, de 2 de abril, que establece el Régimen General de Normas Básicas de Seguridad; RD 53/1992, de 24 de Enero, de Reglamento de Protección Sanitaria y RD 1627/1997, de 24 de octubre, que establece las disposiciones mínimas en seguridad y salud en las obras de construcción.
- En la medida en que sea posible, y sin incumplir el derecho constitucional que garantiza la igualdad de oportunidades ante el trabajo, el promotor del proyecto incluirá entre los criterios de selección de los subcontratistas y proveedores necesarios, y evidentemente tras garantizar el cumplimiento de las prescripciones técnicas y de calidad necesarias, el de la cercanía o pertenencia al entorno socioeconómico que acoge la actuación.

### **2.6.2.- Medidas preventivas ante situaciones de riesgo o emergencia.**

En este epígrafe se han considerado los efectos que puedan causar, sobre el entorno receptor del proyecto, situaciones inesperadas, como las de riesgo o emergencia. A continuación se presentan una serie de medidas a tener en cuenta ante dichas situaciones:

- En caso de producirse un vertido accidental durante las operaciones de fondeo se procederá a la inmediata retención del contaminante, salvaguardándose especialmente las zonas más sensibles y poniéndolo en conocimiento de las Administraciones Competentes a fin de que éstas activen los dispositivos de contención y descontaminación que estimen oportunos. Sería conveniente, previo al comienzo de los trabajos, tener localizados los equipos de contención de contaminación por hidrocarburos más próximos, skimmers, barreras flotantes, etc., más próximos a la zona de actuación, teniendo previsto un protocolo de actuación ante una emergencia de esta naturaleza. En el caso de no contar con estos equipos en el entorno cercano, proveerse de ellos y emplazarlos en el puerto utilizado como base de operaciones.
- Será obligatorio, por tanto, la posesión de los teléfonos de contacto de las principales autoridades ambientales y civiles de la zona (Consejería de Medio Ambiente, Guardia Civil...) en un lugar visible para todos los trabajadores.

## **2.7.- PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

El estudio de impacto ambiental deberá incluir una propuesta detallada de Programa de Vigilancia Ambiental, dividido en varias fases consecutivas, cada una con medidas o análisis más dilatados en el tiempo.

Para ello, se estudiará el estado de las variables ambientales que puedan presentar una mayor afección, comparándose dicho estado con el que presentaban en el estado preoperacional y con el estado previsto en la hipótesis de impacto, tanto en la fase de construcción y funcionamiento, como en la de desmantelamiento.

En el caso de que se detectasen incidencias no consideradas en el estudio de impacto ambiental el programa de vigilancia ambiental deberá asumir tanto la definición de la medida correctora correspondiente, como la vigilancia de la evolución de la misma. Con ello se garantiza la minimización de los impactos ambientales considerados y no considerados en todo el proceso de evaluación de los mismos.

Ya que la mayor parte de los efectos de la fase de construcción serán similares para los distintos tipos de arrecifes, las actuaciones del programa de vigilancia establecidos para esta fase serán también comunes para todos.

A continuación se describe las labores de seguimiento propuestas para cada variable ambiental afectada:

### **2.7.1.- Clima marítimo (Dinámica marina)**

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*

En general no se precisa de un seguimiento específico de esta variable en esta fase.

#### *Fase de funcionamiento*

Para esta variable, las principales incidencias se producen para los **arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico** ya que están diseñados con el fin de disipar/potenciar/modificar la energía del oleaje-corrientes, lo que implica una alteración del sistema dinámico de la zona.

Para valorar el grado de afección, de este tipo de arrecifes, sobre las componentes principales de esta variable ambiental será necesario un seguimiento representativo de un ciclo estacional completo, basado en datos de corriente y oleaje existentes en la zona.

### **2.7.2.- Transporte de sedimento**

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*



En general no se precisa de un seguimiento específico de esta variable en esta fase.

#### *Fase de funcionamiento*

Para esta variable, las principales incidencias se producen para **los arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico y los arrecifes someros** ya que están diseñados con el fin de disipar/potenciar/modificar la energía del oleaje-corrientes, lo que implica una alteración del sistema dinámico de la zona y por tanto, de forma indirecta, alteraciones sobre el transporte sedimentario.

Para valorar el grado de afección de este tipo de arrecifes sobre el transporte sedimentario será necesario un seguimiento a largo plazo (de al menos un año), basado en el uso de trampas sedimentarias para comprobar si la nueva situación tras el fondeo del arrecife se ajusta al modelo predictivo desarrollado como parte del proyecto.

### **2.7.3.- Geomorfología**

#### *Fase de construcción*

Será necesario, justo al finalizar el fondeo, realizar una campaña con sonar de barrido lateral para comprobar si la ubicación de las unidades cumple con la localización establecida en el proyecto.

#### *Fase de funcionamiento*

Para esta variable, las principales incidencias se producen para los **arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico, los arrecifes someros y los situados en zona de alto hidrodinamismo** ya que están diseñados con el fin de disipar/potenciar/modificar la energía del oleaje-corrientes, lo que implica una alteración del sistema dinámico de la zona, afectando de forma indirecta al transporte sedimentario y su equilibrio, creándose nuevas zonas de erosión o deposición que en definitiva, modifican la geomorfología de la costa y sus fondos.

Para valorar el grado de afección de este tipo de arrecifes sobre la geomorfología será necesario un seguimiento a largo plazo (de al menos 2 años), comprobando las modificaciones producidas sobre la línea de costa mediante el uso de fotografías aéreas o estudio topobatimétrico, para los arrecifes que estén destinados a la alteración de dicha línea y mediante el uso de sonar de barrido lateral y estudio batimétrico de la zona (Campañas anuales), en aquellos que puedan modificar la geomorfología infralitoral (Enterramiento de zonas rocosa por variaciones en la sedimentación o su afloramiento por la retirada de material).

Los arrecifes destinados a la **protección de ecosistemas ante las artes de pesca y a la recuperación de de los ecosistemas degradados** también pueden afectar a la geomorfología del fondo en la medida que dichos ecosistemas sean parte constituyente de dicha geomorfología (Ej: Praderas de Posidonia). En este caso será necesario un seguimiento a largo plazo (de al menos 4 años), comprobando anualmente mediante el uso de sonar de barrido lateral la evolución en la distribución de dichas comunidades.

### *Fase de desmantelamiento*

En general no se precisa de un seguimiento específico de esta variable en esta fase.

## **2.7.4.- Aguas**

### *Fase de construcción y desmantelamiento*

Para esta variable, las principales incidencias se producen por la resuspensión de los materiales del fondo o el paso de los contaminantes (caso de existir) contenidos en el sedimento a la columna de agua durante el fondeo o desmantelamiento de las unidades.

Para valorar las alteraciones producidas sobre la calidad del agua el seguimiento se basará en medir semanalmente, durante el transcurso de las obras, los parámetros establecidos para caracterizar las aguas de la zona en el epígrafe de descripción del medio físico, haciendo especial hincapié en los valores de turbidez sólidos disueltos y aquellos posibles compuestos tóxicos contenidos en el sedimento.

Al mes de la finalización de las obras, dado que los efectos producidos durante estas se consideran reversibles, se realizará otra toma de muestras para ratificar la ausencia de afección.

### *Fase de funcionamiento*

Para esta variable, las principales incidencias se producen para los **Arrecifes de producción, biofiltros y productividad** ya que producirán un aumento sustancial de la carga biológica. Este aumento de la carga biológica (flora y fauna), en la zona de instalación del arrecife producirá inevitablemente ciertas alteraciones en las propiedades físico-químicas del agua, como la concentración de materia orgánica, nutrientes, el oxígeno disuelto, la turbidez o las partículas en suspensión.

Para valorar las alteraciones producidas sobre la calidad del agua el seguimiento se basará en medir semestralmente la temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto y pH en continuo a lo largo de la columna de agua mediante sonda multiparámetro en dos puntos de la zona de fondeo y 1 blanco, además de conocer la concentración de los nutrientes inorgánicos disueltos mediante la toma de muestras que se realizará, a ser posible, en los mismos puntos citados con anterioridad para superficie, fondo y media agua.

Por otro lado los **arrecifes constituidos por materiales no inertes** también pueden producir alteraciones significativas sobre esta variable por el paso de dichos materiales disueltos a la columna de agua. En este caso el seguimiento también incluirá el análisis en agua de los posibles materiales no inertes.

### 2.7.5.- Sedimentos

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*

Para esta variable, las principales incidencias se producen por la retirada de los sedimentos en aquellos **arrecifes que contemplen, como parte de proyecto de fondeo, un dragado previo de la zona.**

En este caso el seguimiento para esta variable es el que se plantea en la “*Guía metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de las extracciones de arenas para la regeneración de playas*” redactada por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), en 2003.

#### *Fase de funcionamiento*

Para esta variable, se pueden producir incidencias sobre la calidad sedimentaria en los **Arrecifes de turismo y ocio constituidos por materiales no inertes** ya que estos podría pasar a la columna de agua y depositarse en zonas aledañas. En este caso se analizarán los sedimentos aledaños a las estructuras en al menos 3 puntos para cuantificar la presencia de dichos materiales.

Al igual que para la calidad de las aguas también existirá un aumento de materia orgánica en el sedimento anexo por el aumento de la productividad, mayor en los **Arrecifes de producción, biofiltros y productividad.** En este caso, se analizara también el contenido de materia orgánica en al menos 3 muestras de sedimentos anexos a las estructuras arrecifales.

### 2.7.6.- Comunidades biológicas

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*

El seguimiento ambiental de esta fase se realizará en aquellos **arrecifes situados cerca de ecosistemas de alto valor ecológico**, ya que éstos son los más sensibles ante las alteraciones producidas por la obra (Aumento de la turbidez, enterramiento por el material resuspendido, paso de contaminantes a la columna de agua, etc.).

El seguimiento consistirá en la realización de muestreos semanales mediante inmersión para comprobar el estado de las comunidades que puedan verse afectadas.

#### *Fase de funcionamiento*

En este caso las mayores incidencias sobre esta variable se producen en los **arrecifes destinados a actuar sobre la biota.**

Los **Arrecifes de recuperación de ecosistemas, protección y generación de nuevos ecosistemas** están destinados a producir variaciones ambientales reseñables en el entorno

inmediato principalmente sobre el bentos y el necton, por lo que se propone un seguimiento a largo plazo (al menos durante 4 años) de dichas componentes de la biota semestral. Se propone la caracterización del ecosistema mediante la toma de al menos 3 muestras biológicas en las inmediaciones del arrecife de donde se obtendrá la diversidad y riqueza faunística y vegetal.

**Arrecifes de atracción y concentración.** Las especies ictiológicas son las más influenciadas, por lo que el seguimiento ambiental incluirá además de lo establecido para los arrecifes anteriores un estudio semestral en la zona de la fauna ictiológica, donde se determinará la diversidad y riqueza.

**Arrecifes de producción o dedicados a la maricultura.** En este caso el plancton es la fracción de organismos que mayores variaciones puede sufrir. A las labores de seguimiento anteriormente descritas se les añadirá, para este tipo de arrecifes, el estudio semestral del plancton mediante la toma de al menos 3 muestras en la zona.

### **2.7.7.- Paisaje**

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*

En general no se precisa de un seguimiento específico de esta variable en esta fase

#### *Fase de funcionamiento*

En este caso las mayores incidencias sobre esta variable se producen en los **arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico**, cuando modifican el paisaje costero. Para el seguimiento de esta variable se recomienda realizar semestralmente inspecciones visuales complementadas por las labores de seguimiento establecido para la variable "Geomorfología".

### **2.7.8.- Socioeconomía**

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*

En general no se precisa de un seguimiento específico de esta variable en esta fase

#### *Fase de funcionamiento*

En este caso las mayores incidencias sobre esta variable se producen en los **arrecifes destinados a actuar sobre los recursos pesqueros**. Para el seguimiento ambiental de los recursos pesqueros de la zona se propone cometer una valoración anual a largo plazo (mínimo de 3 años) de las capturas realizadas por la flota afectada por la instalación de estos los arrecifes.

**Arrecifes destinados a actuar sobre el medio físico.** En este caso el estudio de seguimiento se basará en las implicaciones socioeconómicas derivadas del fondeo del

arrecife según los objetivos planteados. Por ejemplo, aquellos destinados a interactuar sobre las playas deben centrarse en el seguimiento socioeconómico del uso recreativo asociado al turismo de sol y playa de la zona, aquellos destinados a proteger zonas de fondeo deben centrarse en seguimiento del uso náutico recreativo, comercial o pesquero de la zona, etc. En cualquier caso el seguimiento se realizará a largo plazo (mínimo de 3 años) e incluirá los datos de cada actividad con periodicidad anual.

**Arrecifes de turismo y ocio y de función educativa.** En este caso el estudio de seguimiento debe centrarse en los datos socioeconómicos anuales derivados buceo recreativo y didáctico que se realiza en la zona de fondeo y todo el desarrollo turístico que conllevan. Este seguimiento también se realizará a largo plazo (mínimo de 3 años) de forma anual.

### **2.7.9.- Patrimonio histórico**

#### *Fase de construcción y desmantelamiento*

En los casos de que el fondeo se realice en zonas de alto potencial arqueológico, el seguimiento consistirá en la presencia de un especialista en la materia de manera que se dé una respuesta inmediata en caso de aparecer algún resto de valor arqueológico.

#### *Fase de funcionamiento*

En general no se precisa de un seguimiento específico de esta variable en esta fase.





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE