

Arrecifes Artificiales (II). Arrecifes Artificiales en el litoral español. Experiencia Valenciana (*)

Por JOSE SERRA PERIS
y JOSEP RAMON MEDINA FOLGADO

Departamento de Transportes y Urbanística,
ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Valencia.

En una primera parte se analiza el marco social, económico y jurídico que afecta a la instalación de arrecifes artificiales pesqueros en España al amparo del Reglamento (CEE) N.º 4028/06 del Consejo que regula las subvenciones comunitarias y estatales a este tipo de instalaciones.

En la segunda parte del artículo se exponen los resultados del estudio para la instalación de arrecifes en la Comunidad Valenciana, fruto de un Convenio de Investigación, Asesoramiento y Colaboración Técnica entre la Consellería de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana y la Universidad Politécnica de Valencia, desarrollado por la Unidad de Ingeniería Marítima del Departamento de Transportes y Urbanística de la UPV.

1. INTRODUCCION

La experiencia en Europa de la utilización de los arrecifes artificiales es pequeña, y se ciñe a pequeñas actuaciones en las costas de Italia, Francia, España y otros países pero con resultado, en algunos casos negativos, y de escasa relevancia. La política pesquera de la Comunidad Económica Europea mediante el Reglamento (CEE) 4028/1986 del Consejo, relativo a acciones comunitarias para la mejora y adaptación de las estructuras del sector pesquero y de la acuicultura, introduce un programa de instalación de estructuras para el acondicionamiento ecológico y pesquero de las franjas costeras (arrecifes artificiales). En España surgen los arrecifes artificiales como estructuras destinadas a proteger o potenciar zonas de interés ecológico y pesquero, estructuras que presentan unas posibilidades de explotación pesquera que no hemos utilizado hasta la fecha y que podrían ayudar a recuperar la capacidad de producción de nuestros propios caladeros.

En la Comunidad Valenciana, en particular, y al amparo de un Convenio de Investigación, Asesoramiento y Colaboración Técnica establecido entre la Consellería de Agricultura y Pesca y la Universidad Politécnica de Valencia, se ha acometido un estudio de instalación de arrecifes artificiales, y sus consecuentes proyectos de cons-

trucción e instalación, en Vinaroz (Castellón), Cullera (Valencia), y Benidorm y Santa Pola (Alicante), algunos de los cuales pronto constituirán la primera base experimental valenciana en el área de arrecifes.

2. ARRECIFES ARTIFICIALES EN EL LITORAL ESPAÑOL

Aunque en este momento todas las Comunidades Autónomas del litoral están desarrollando alguna iniciativa de instalación de arrecifes artificiales en sus aguas, lo cierto es que en la actualidad son muy pocos los antecedentes en España y casi nula la documentación relativa a seguimiento científico de arrecifes en aguas españolas.

A título indicativo y sin poderlos calificar en muchos casos como verdaderos arrecifes artificiales, podemos indicar algunas instalaciones (comunicación personal de L. Belda, 1987) que constituyen lo que podría entenderse como antecedentes de la instalación de arrecifes artificiales pesqueros en España.

Arrecifes del Maresme (Barcelona, 1979) de neumáticos, carrocerías y material de fibrocemento entre 20 y 33 metros de profundidad; Arrecife de Bagur (Gerona, 1982) de hormigón armado y bovedillas, fondeadas entre 20 y 25 metros, y Arrecifes de L'Estartit, L'Ampolla y Salou (Cataluña, 1986) de hormigón armado, bo-

(*) Este artículo completa el ya publicado y titulado «Arrecifes artificiales (I). Problemas Pesqueros y de Protección de Costas».

vedilla y acero, situados sobre los 18 metros de profundidad. Existen además otras obras similares como los barcos fondeados en la bahía de Palma (1982-1983) entre 25 y 42 metros de profundidad y las 16 barreras situadas en la ría de Arosa (1984-1986) a base de bateas en desuso y un arrecife alveolar piloto.

Durante los próximos 3 años (1987-1989) se impulsarán probablemente un gran número de iniciativas pilotos o experimentables en diversos puntos del litoral con el objetivo de crear la base técnico-científica española para la instalación de arrecifes en nuestras aguas a gran escala.

2.1. Marco Económico y Jurídico

Establecida la prohibición de pescar con artes de arrastre dentro de la batimétrica de 50 metros (Orden de 3-7-75, BOE 13-8-75) y vista la dificultad de hacer respetar la veda señalada, la O.M. de 11-5-82 (BOE 26-5-82) describe la instalación de arrecifes artificiales como un sistema eficaz de repoblación natural y que sirve para evitar el arrastre en zonas prohibidas representando con ello una valiosa repoblación indirecta. En la mencionada O.M. se establecía el procedimiento para realizar las solicitudes de permiso de instalación, la petición requería la autorización del MOPU (Dirección General de Puertos y Costa) y el informe favorable de la Dirección General de Ordenación Pesquera, así como informes del Instituto Español de Oceanografía, Comandancia Militar de Marina, Ministerio de Transportes (D.G. de la Marina Mercante) y Ministerio de Defensa.

Esté antecedente jurídico puede dar una idea clara del planteamiento institucional español frente a la instalación de arrecifes artificiales. La Ley 23/1984 de cultivos marinos (BOE 27-6-84) puede señalarse como otra base jurídica de referencia de la presente situación.

El marco económico actual de los arrecifes artificiales viene condicionado por el reglamento (CEE) N.º 4028/86 del Consejo de 18 de diciembre de 1986 relativo a las acciones comunitarias para la mejora y la adaptación de las estructuras del sector pesquero y de la acuicultura. En este reglamento (CEE) y a fin de facilitar la evolución estructural del sector pesquero, se aportan ayudas financieras para acciones de desarrollo de la acuicultura y acondicionamiento de

zonas marítimas protegidas con vistas a una mejor gestión de la franja pesquera costera. Se conceden ayudas comunitarias del 50 por 100 más una participación del Estado entre el 10 por 100 y el 35 por 100 para inversiones superiores a 50.000 ECUS correspondientes a proyectos de instalación de elementos fijos o móviles (arrecifes artificiales) dentro de la isobata de 50 metros para la valorización de zonas marítimas costeras. Se contempla además la obligación de incluir un seguimiento científico mínimo y prohibición de pesca en la zona de 3 años.

Para desarrollar en España el Reglamento (CEE) 4028/86, se han publicado el R.D. 219/1987 de 13-2-87 (BOE 20-2-87) y la O.M. de 3-3-87 (BOE 6-3-87) que establecen con detalle los plazos y procedimientos de obtención de permisos y subvenciones estatales y comunitarias para la instalación de arrecifes artificiales.

El Real Decreto 219/1987 establece las normas para las acciones de acondicionamiento de la franja costera y en particular lo relativo a las «estructuras fijas o móviles (en adelante arrecifes artificiales) sobre la plataforma continental en el mar territorial, dentro de la isobata de 50 metros, destinadas a proteger o potenciar zonas de especial interés ecológico o pesquero». Se especifica que los proyectos de arrecifes artificiales que soliciten la subvención estatal (10 %-35 %) deberán estar «inscritos en el marco de un programa de orientación plurianual elaborado en coordinación con las Comunidades Autónomas», referirse a inversiones de más de siete millones de pesetas e incluir un seguimiento científico de la acción.

Para conceder el oportuno permiso de instalación de arrecife, se exige la autorización del MOPU (Dirección General de Puertos y Costas), y los informes del Instituto Español de Oceanografía y de los Ministros de Defensa y Transportes, para finalmente el Ministerio de Agricultura y Pesca (Dirección General de Ordenación Pesquera) decidir sobre la autorización y dar conocimiento al Estado Mayor de la Armada y a la Dirección General de la Marina Mercante, a efectos de seguridad en la navegación. El Real Decreto 219/1987 establece así mismo los procedimientos según el nivel de competencias transferidas a cada Comunidad Autónoma en el sector pesquero.

La O.M. de 3-3-87 (BOE 6-3-87) establece que las solicitudes de autorización para la instalación de arrecifes deberán contener los datos generales, una Memoria firmada por facultativo competente que defina las características de las estructuras, un Estudio Ecológico firmado por técnico competente que acredite la idoneidad de la instalación y un Plan de Seguimiento con indicación del equipo técnico que realizará el mismo durante el mínimo de tres años.

La nueva regulación de las solicitudes de autorización para la instalación de arrecifes artificiales difiere de la especificada en la O.M. de 1-5-82 (BOE 26-5-82) en algunos puntos:

- No se exige Proyecto firmado por facultativo competente (y visado por el Colegio correspondiente) para arrecifes artificiales que consten de obra de fábrica.
- Se exige Estudio Biológico firmado por técnico competente.
- Se exige un Plan de Seguimiento ecológico y pesquero de tres años con indicación del equipo técnico que lo realizará, los currícula y el compromiso documentado de aceptación.
- No se exige que se estudie la estabilidad del arrecife frente a las corrientes en la Memoria firmada por facultativo competente que se demanda.
- Se exige un Estudio Biológico que «acredite la idoneidad del lugar para la instalación (de arrecifes), en orden al desarrollo de las especies a las que va destinada» y no se pide lo propio respecto del potencial impacto que sobre las playas próximas pueda tener la instalación del arrecife.

2.2. Evaluación del Impacto Económico y Social

El objetivo final de todo proyecto de arrecife artificial es mejorar las condiciones económico-sociales de una zona litoral. Además de un seguimiento ecológico-ambiental y de las condiciones físicas del arrecife y las playas próximas, el impacto positivo sobre la vida marina y la costa es necesario medirlo en términos económicos y sociales para poder planear con objetividad nuevos proyectos.

La necesidad de una evaluación económica y social de la implantación de cualquier obra es elemento necesario para poder integrar planes económicos globales con el máximo rendimiento posible. A pesar de ello, en el caso de los arrecifes artificiales es muy difícil calcular los beneficios, a diferencia de otras obras de más fácil evaluación. Esta dificultad ha sido ya observada por algunos autores que ven en el plan japonés de instalación de arrecifes, más que un programa de inversiones apoyado en cálculos precisos de beneficios y costes del sector pesquero, un plan económico basado en dudosos cálculos de rentabilidad y una amplia confianza en el beneficio a largo plazo que para la sociedad japonesa tienen estas estructuras.

En la implantación de arrecifes cabe destacar algunos factores económicos y sociales de importancia (Medina et al. 1987):

1. Intereses económicos de pescadores artesanales.
 2. Intereses económicos de pescadores de arrastre.
 3. Intereses económicos-sociales del sector pesquero.
 4. Intereses económico-turísticos de los municipios costeros.
 5. Intereses turístico-recreativos de pescadores deportivos.
 6. Generación de empleo local.
 7. Utilización de líneas de financiación Comunitarias y Estatales.
 8. Preocupación por mantener y mejorar la capacidad de producción de los caladeros españoles.
 9. Preocupación por recuperar y preservar el equilibrio ecológico marino en nuestras aguas.
1. Aunque la pesca con artes de arrastre está prohibida dentro de la batimétrica de 50 metros, se detectan continuas transgresiones del límite difíciles de controlar por las autoridades marítimas. Estas transgresiones perjudican los intereses económicos de los pescadores artesanales que desean un uso exclusivo del límite señalado. Los arrecifes artificiales aparecen pues a los ojos de los pescadores artesanales como obstáculos al arrastre y por tanto potenciales defensas para la utilización exclusiva de la zona de 50 metros.

A pesar de lo señalado anteriormente, los equipos auxiliares de navegación permiten detectar la presencia de obstáculos, parar máquinas y recoger redes sin sufrir daños. Es por ello que para cumplir la misión de obstáculo, sería necesario disponer los arrecifes como barreras situadas entre zonas de fondos rocosos y estudiadas para impedir el arrastre económico mínimo de ocho millas. Parece por lo tanto probable que aparezcan planteamientos dirigidos a enfocar los arrecifes artificiales como barreras al arrastre.

2. Por su parte, los pescadores de arrastre han visto cómo la capacidad de producción de los caladeros españoles se reduce bajo la presión de su propio trabajo y piensan en los arrecifes artificiales como elementos que pueden recuperar la capacidad perdida. Los pescadores de arrastre tienden a oponerse a los arrecifes barreras y sin embargo ser partidarios de acciones que permitan preservar las zonas de cría, es decir, son favorables a la instalación de arrecifes artificiales pesqueros clásicos. Se asume como cierto que cualquier construcción o elemento submarino tenderá a mejorar la capacidad pesquera de la zona.

3. El sector pesquero en su conjunto observa con preocupación la dificultad de hacer respetar las vedas y el consiguiente proceso de degradación y reducción de la productividad pesquera de nuestras aguas. Se estudia la posibilidad de disminuir el número de días de pesca para elevar los precios y reducir la presión sobre los caladeros. La solución de utilizar arrecifes artificiales para aumentar la productividad aparece como óptima para consumidores, armadores y trabajadores del mar.

4. Para algunos municipios costeros, la instalación de arrecifes artificiales aparece como una acción capaz de aumentar la oferta de atracciones turísticas y deportivas que puede generar ingresos importantes, para ellos no es el volumen y productividad pesquera lo importante sino la capacidad de generar un flujo turístico interesado en el arrecife y la pesca deportiva.

5. La instalación de un arrecife artificial constituye un punto claro de atracción para los pescadores deportivos de la zona. La concentración natural de pesca alrededor del arrecife

permite aumentar el número de capturas y el interés deportivo en el área. Estos pescadores pueden entrar en conflicto con los artesanales de la zona que también están interesados en la explotación pesquera del arrecife artificial.

6. La construcción de un arrecife artificial genera un aumento del empleo local ya que el factor trabajo constituye un elemento importante del balance constructivo global. Este factor influirá favorablemente para la instalación de arrecifes en los distintos lugares.

7. Por otro lado, a nivel general de política económica local y autonómica parece evidente que el aprovechamiento de las líneas de financiación comunitarias y estatales deriva en la generación de empleo a corto plazo con la construcción y a largo plazo con la mejora de pesquerías. Esto es un elemento claramente positivo de cara al desarrollo de programas de arrecifes artificiales.

8. Existe además una preocupación política general respecto de la dependencia europea y especialmente española (34 kg pesca/habitante y año) de los caladeros extranjeros. Especialmente la dependencia de los caladeros africanos impone a la política española del sector una incertidumbre inaceptable a largo plazo. Desde este punto de vista parece evidente la necesidad de potenciar al máximo la capacidad de los caladeros propios muy degradados en la actualidad y que permitirían una mayor autosuficiencia.

9. Por último cabe señalar una preocupación creciente por la estabilidad del medio ambiente marino tanto en la Administración como en la Sociedad en su conjunto. Las acciones arbitrarias de lanzamiento de obstáculos al mar para evitar el arrastre son avisos claros de la preocupación social y una cierta falta de control del problema. Estas acciones denominadas popularmente como «arrecifes pirata» pueden dañar al ecosistema contaminando las aguas de productos metálicos en disolución y convertir la plataforma en un basurero incontrolado. La preocupación social parece clara y la respuesta colectiva debe solucionar los problemas de raíz, de forma científica y garantizando una respuesta óptima y disciplina por parte de los diferentes grupos con intereses opuestos a corto plazo. A largo plazo todos los factores confluyen en un

acuerdo: mejorar la producción y rendimiento de la actividad pesquera en nuestro litoral por la vía de mantener un adecuado equilibrio ecológico respetuoso con el mar, la costa y sus habitantes.

3. ARRECIFES ARTIFICIALES EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

Esta primera instalación de arrecifes artificiales en la costa valenciana se planteó como un verdadero ensayo a escala natural de los condicionantes y respuestas ambientales, físicas y sociales asociadas a la construcción e instalación de arrecifes. Después de analizar las construcciones en otros países y fundamentalmente las japonesas, se diseñaron cuatro elementos estructurales de hormigón armado considerados idóneos desde el punto de vista funcional y constructivo para la situación actual. La experiencia valenciana se dirige pues a construir, instalar y controlar cuatro arrecifes artificiales en diferentes puntos de la costa y con elementos constitutivos variados, con el fin de tender a ampliar la base de nuestro conocimiento sobre la respuesta de estas estructuras en nuestro medio marino y aproximarnos con ello a una explotación económica óptima de estas obras en nuestro Litoral, (Fig. 1).

El concepto de arrecife artificial utilizado en esta experiencia permite el cambio de localización o disposición e incluso la eliminación total por el procedimiento de construcción inverso al utilizado en su instalación. Esto garantiza que si se comprobara una respuesta negativa imprevista, el arrecife podría ser neutralizado en sus efectos al cambiar o desaparecer su forma. Así pues, aunque en este caso no sería estrictamente necesario exigir de la construcción diseñada la garantía de unos efectos positivos, para este programa se desarrolló una metodología general aplicable a futuros arrecifes que permite proporcionar los elementos necesarios para abordar con racionalidad el diseño e instalación de arrecifes en nuestras costas.

En primer lugar se realizó un estudio del diseño de los elementos estructurales que justificara la adopción de formas, materiales y procedimientos de construcción específicos adaptados a las circunstancias del problema actual.

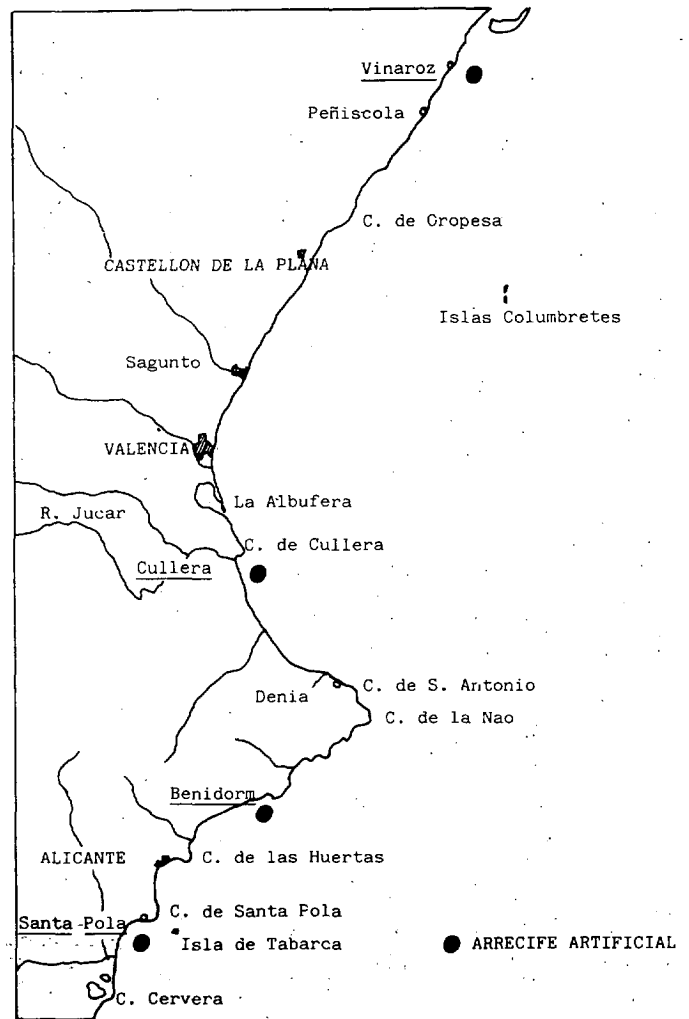


Fig. 1.—Localización de los arrecifes artificiales.

Se comparó la solución con las realizaciones de países con larga tradición en este tipo de estructuras y se consiguió con ello obtener la garantía suficiente para admitir que el plan propuesto era razonable con el nivel de conocimiento del tema del que se dispone en la actualidad en el mundo.

En segundo lugar se realizó una descripción de la costa próxima con perfiles y levantamientos adecuados para establecer una base de referencia que permitiera apoyar un seguimiento futuro de procesos litorales y garantizar con ello un conocimiento suficiente y a tiempo de un posible impacto negativo que el arrecife pudiera producir sobre las playas próximas. Se realizó un estudio de la modificación en la propagación del oleaje introducida por el arrecife que puede llegar a ser importante en arrecifes extensos o si-

tados a poca profundidad. Por último se estableció un plan de seguimiento de la estabilidad de los elementos estructurales y de los procesos litorales próximos.

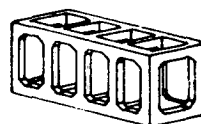
En tercer lugar, se ha contado con la colaboración de los profesores Manuel García Carrasosa y José Daniel Acuña y un equipo de la facultad de Biológicas de la Universidad de Valencia para la descripción ecológica de los emplazamientos y la definición de un programa de seguimiento biológico-ecológico que tendría como objetivo analizar la respuesta dinámica del ecosistema garantizando la respuesta positiva del mismo y aumentando el conocimiento actual sobre la respuesta de estos elementos en el ambiente marino de nuestro Litoral.

Como parte del Estudio en su conjunto se redactaron los correspondientes Proyectos de Construcción e Instalación de Arrecifes Artificiales con objeto de materializar unos documentos que definieran las obras correspondientes.

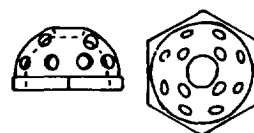
4. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y SU INSTALACION

El arrecife artificial diseñado esta constituido por una serie de elementos depositados en el lecho marino con los objetivos generales ya definidos: el aumento de la productividad pesquera, el incentivo de las actividades de pesca deportiva y por otro lado condicionantes que en cierta forma definen la forma y dimensiones del arrecife. Hasta el momento se han utilizado gran número de tipos de unidades para la construcción de arrecifes artificiales, desde los más elementales a base de piedras y troncos o neumáticos, (Fig. 2), hasta elementos sofisticados en fibra de vidrio pasando por los contruidos con automóviles, autobuses, barcos y todo tipo de materiales de desecho. En definitiva, vienen empleandose muchas formas, fabricadas en materiales diversos, y con un mayor o menor grado de sofisticación en su diseño y construcción.

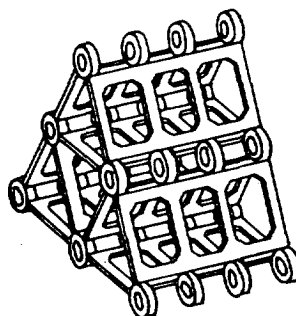
Para estas construcciones Piloto se decidieron las características generales de profundidad (15-40 metros), distancia de transporte marítimo (menos 15 km), Volumen del elemento (1-8m³), Material (hormigón armado) y, peso (2-10 Tn).



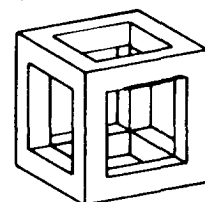
Modelo RECTANGULAR
(hormigón armado)



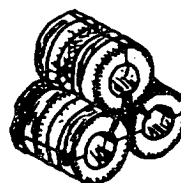
Modelo TURTLE
(hormigón armado)



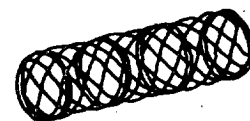
Modelo JUMBO
(hormigón armado)



Modelo CUBO
(hormigón armado)



(neumáticos con
muerto de hormigón)



Modelo CILINDRICO
(fibra de vidrio)

Fig. 2.— Diversos modelos y materiales empleados en arrecifes artificiales.

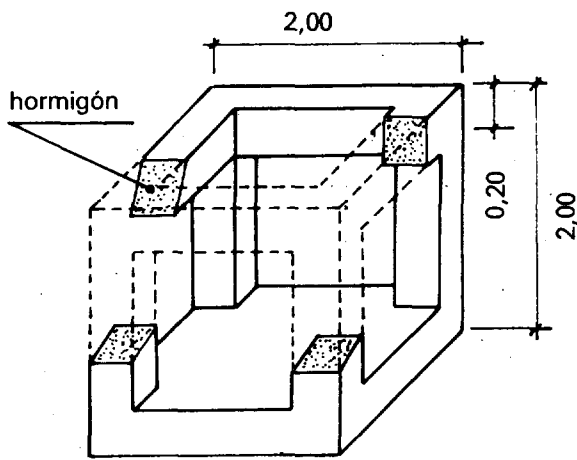
En cuanto a las condiciones específicas de diseño se tomaron:

1. Un conjunto final estable al oleaje y las corrientes.
2. Un conjunto final con gran volumen de huecos iluminados y zonas abrigadas.
3. Facilidad y economía de construcción, transporte e instalación.
4. Resistencia a la corrosión y baja polución metálica de las aguas del arrecife.
5. Seguridad para los submarinistas que puedan instalar o visitar el arrecife.

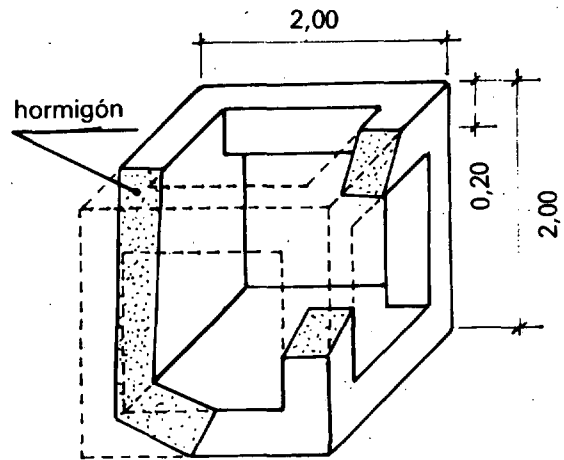
Dado el carácter de experiencia piloto, este arrecife debería contener una cierta variedad de elementos que cubrieran una amplia gama de formas y que permitiera a medio plazo realizar diseños de elementos óptimos para las condiciones marinas de nuestra costa.

Sobre la base de los condicionantes de dise-

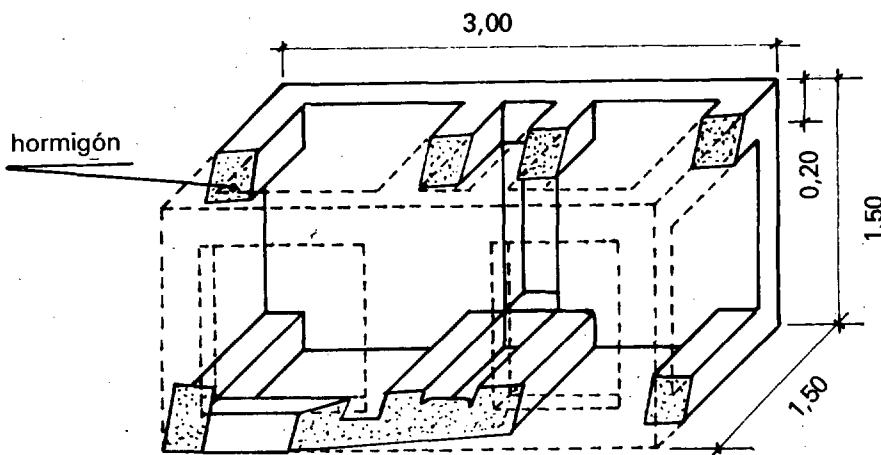
ARRECIFES ARTIFICIALES (2). ARRECIFES ARTIFICIALES EN EL LITORAL ESPAÑOL



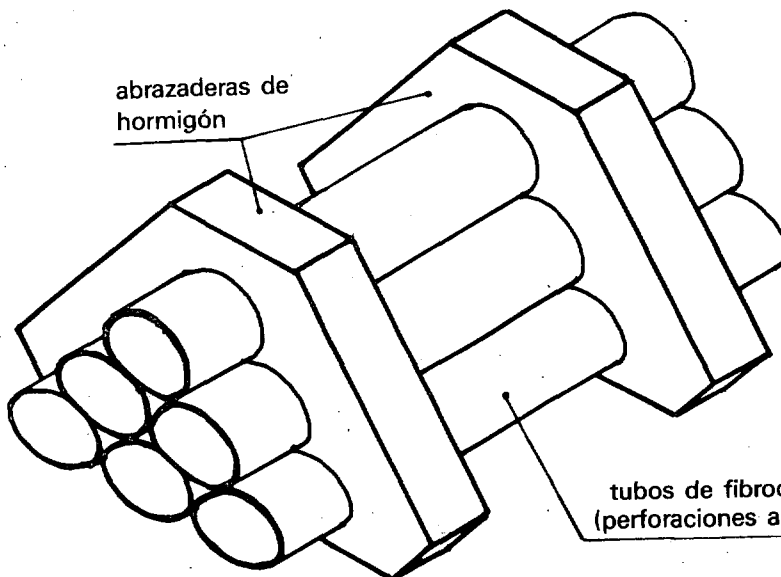
UNIDAD TIPO C-1



UNIDAD TIPO C-2



UNIDAD TIPO C-33



UNIDAD TIPO T-6

Longitud: 5,00 m.

Altura : 2,20 m.

Anchura : 3,00 m.

tubos de fibrocemento \varnothing 600
(perforaciones al tresbolillo \varnothing 20)

Fig. 3.—Unidades diseñadas.

ño señalados en el punto anterior, se seleccionan las formas genéricas «DICE» y «DELTA» como de gran aceptación y probable buen comportamiento estructural y biológico. Se rechazaron las soluciones basadas en elementos metálicos por llevar asociados importantes problemas relativos a corrosión y polución ambiental. No se han considerado las soluciones con redes de fibra de vidrio por ser menos robustas y más complejas de construir. Se rechazaron las estructuras de madera por su corta durabilidad y necesidad de importar maderas especiales. Por último, los arrecifes basados en neumáticos se han considerado excesivamente ligeros y muy sensibles al sistema de control de construcción.

Se propusieron cuatro tipos de elementos propuestos fáciles de construir, relativamente sencillos de transportar con globos de flotación, robustos, simples, y de peso entre 5 y 10 toneladas. Se planeó disponer elementos de los cuatro tipos en el arrecife para evaluar su comportamiento en distintos ambientes marinos.

Los elementos diseñados se han denominado: C1, C2, C33 y T6. En la figura 3 pueden verse sus formas, dimensiones y materiales empleados.

Por lo general los arrecifes artificiales pueden pensarse como construcciones bajo el agua empleando elementos prefabricados con formas especiales y número elevado. En estas condiciones su instalación se realizaría empleando gabarras que transportarían un buen número de elementos y los verterían en el punto señalado para el arrecife. Esta concepción en la instalación es válida para los grandes arrecifes ya que la relación número de elementos y coste de transporte e instalación es ventajosa y la cuantía por elemento es baja.

El caso que nos ocupa al ser de carácter experimental se destaca porque se instala un número reducido de elementos, menos de veinte por arrecife, si se pretendiera instalarlo utilizando gabarras el coste de instalación sería demasiado elevado y encarecería demasiado la experiencia. Por ello se opta por un sistema de transporte por flotación que seguidamente describimos, y que presenta una serie de ventajas que cubren los objetivos del estudio.

Los elementos que conforman cada arrecife son un total de dieciséis, construidos por cinco del tipo C-1 y C-2, cuatro del tipo C-33 y dos del T-6, se construirán cerca del punto de embarque, se elige como área de construcción la cercana a los puertos para reducir al mínimo el transporte por tierra que comportaría riesgos de choques y posibles roturas de los elementos.

A los elementos ubicados ya en el punto de embarque, se les adosará una serie de globos que tras su hinchado permitirán la flotación de los elementos en el mar. Se transportarán flotando hasta el punto de fondeo, donde se hundirán con el concurso de submarinistas, que los conducirán hasta el lecho marino donde quedarán depositados. Finalmente se recuperarán los globos y se reinicia el proceso hasta fondear los dieciséis elementos, (Figs. 4-5).

Esta mecánica de instalación permite la construcción del arrecife en la forma que elijamos previamente, obteniendo una disposición concertada del edificio arrecifal. Otra ventaja que presenta este método es el de reflotabilidad, en

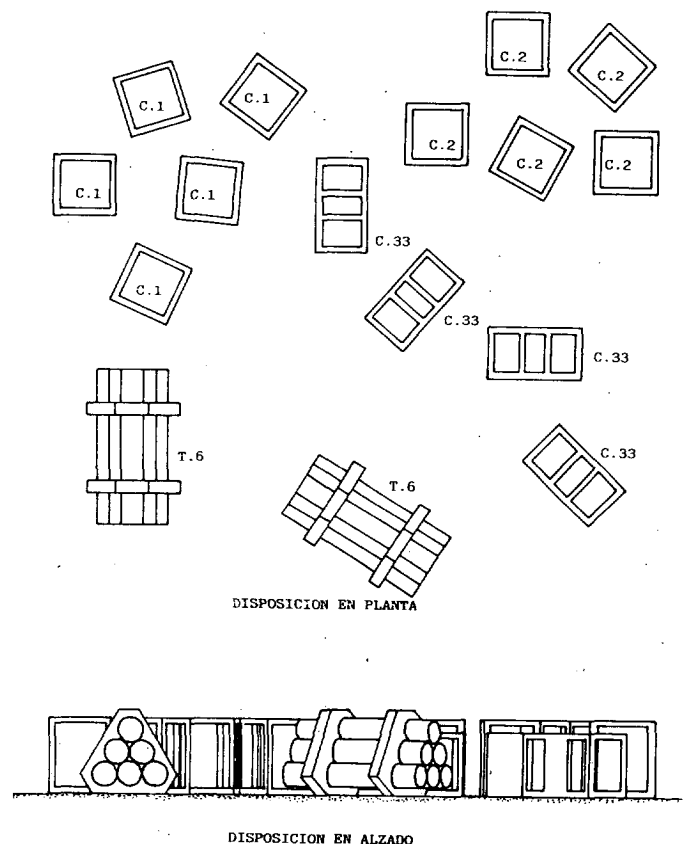


Fig. 4.—Disposición típica de arrecife artificial experimental.

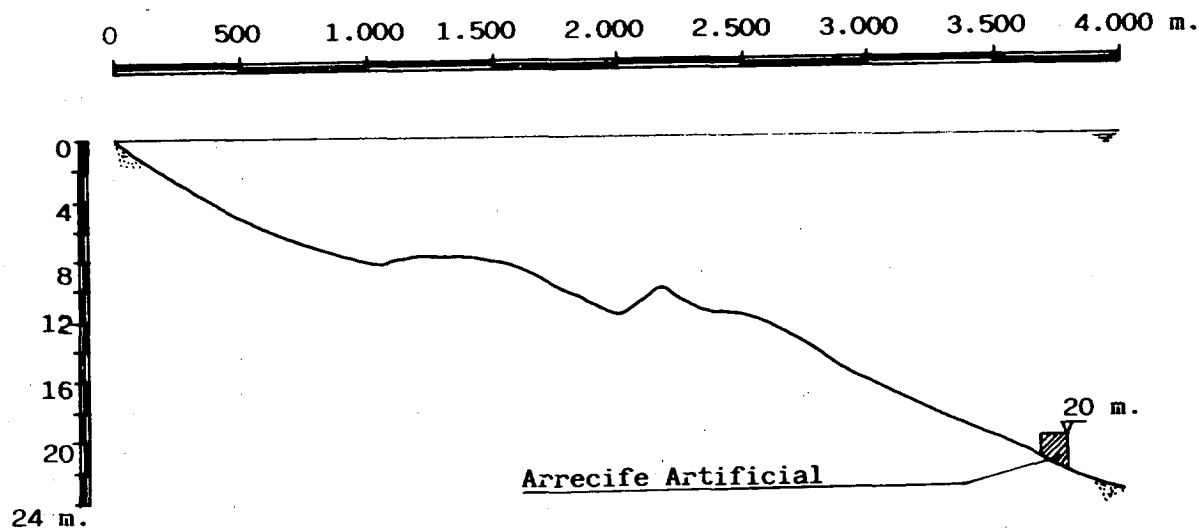


Fig. 5.—Perfil longitudinal de ubicación del arrecife artificial experimental de Santa Pola (Alicante).

caso de que el experimento se anule o se compruebe la no idoneidad de algún tipo de elemento, o la no obicuidad del arrecife en su conjunto. El diseño de los elementos y su método de instalación permite su modificación con facilidad.

El sistema propuesto de instalación esta dirigido a pequeños arrecifes, en caso de un gran arrecife sería necesario realizar un estudio económico que permitiera discernir cuando hay que abandonar el método de los globos y pasar a métodos de transporte marino. El óptimo económico vendrá condicionado fundamentalmente por el número de elementos que conformen el arrecife.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El Reglamento (CEE) 4028/1986 del Consejo y la normativa española posterior establece un mecanismo financiero muy ventajoso (subvenciones 60-85 por 100) para el desarrollo de arrecifes artificiales en nuestro litoral. Cofradías de Pescadores, Ayuntamientos y Comunidades Autónomas pueden convertirse en promotores de estas construcciones generando con ello una importante actividad económica directa de construcción y a largo plazo por la explotación pesquera del arrecife, todo ello sobre la base de defender un ecosistema marino que de otro modo se encuentra amenazado.

Para utilizar con eficacia los recursos financie-

ros privados y las subvenciones al sector, es necesario desarrollar programas piloto de instalación de arrecifes artificiales que permitan ensayar y evaluar con cierta precisión el impacto real de la instalación de arrecifes. En este marco, casi todas las Comunidades Autónomas litorales en coordinación con la Dirección General de Ordenación Pesquera están desarrollando programas piloto de instalación de arrecifes cuyos resultados podrán verse en los próximos años.

El programa piloto valenciano de construcción de arrecifes artificiales tiene como objetivo ensayar prototipos de elementos de hormigón armado diseñados al efecto y dispuestos en grupos localizados en cuatro puntos del litoral: Vinaroz, Cullera, Benidorm y Santa Pola. El seguimiento biológico y físico de los arrecifes que se instalan y la evaluación de los problemas de índole diversa que se produzcan servirán de base para lanzar fuertes programas más extensos y de mayor impacto económico.

La normativa española de aplicación para la instalación de arrecifes artificiales es muy estricta con respecto a las condiciones biológicas-ecológicas de diseño y seguimiento pero presta muy poca atención al potencial impacto sobre la costa de los arrecifes artificiales. Es por ello que los responsables de Costas deberán prestar la máxima atención a las condiciones de concesión de permisos para la instalación de estas estructuras ya que es el único elemento de control efectivo para garantizar un impacto mínimo sobre la costa.

Resulta evidente que la coordinación de la política de costas y de ordenación del sector pesquero es positiva para alcanzar los objetivos en los dos campos. La potencia del mercado pesquero español y la importancia económica de nuestras playas y el sector turístico asociado convierten a España en el país del mundo donde con mayor posibilidades de éxito puede aplicarse el modelo conceptual de arrecife artificial de doble uso.

Cabe esperar que la instalación de los arrecifes sea un hecho, y pueda realizarse el seguimiento de los mismos, y no sólo desde el punto de vista biológico, sino también desde el estructural para comprobar y mejorar el diseño, y desde el de impacto en el litoral, para ratificar su nula afección a los procesos litoral y avanzar en la propuesta de corrección de arrecifes con doble uso: potenciación de la actividad pesquera y protección de costas.

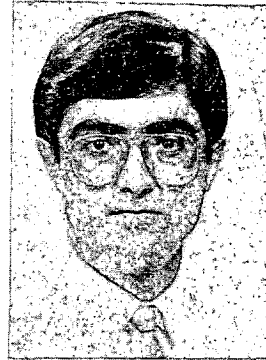
AGRADECIMIENTOS

Este artículo es en parte resultado del estudio para la Instalación de Arrecifes Artificiales en Vinarós, Cullera, Benidorm y Santa Pola financiado por la Consellería de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana. Los autores quieren reconocer expresamente la ayuda e información facilitada por don Luis Belda, ingeniero jefe del Servicio de Pesca de la Consellería.

BIBLIOGRAFIA

1. D'ITRI, F. M. (1985): Ed. Artificial Reefs: «Marine and Freshwater Applications», Lewis Publishers, Inc., 1985.
2. MEDINA, J. R., y SERRA, J. (1987): «Arrecifes Artificiales. Problemas Pesqueros y de Protección de Costas». Curso de Ingeniería de Costas VALENCIA-87, U.P.V. 8-10 Sept., 1987, SPUPV-87. 328, pp. 20.1-20.31.
3. MEDINA, J. R.; SERRA, J.; ESTEBAN, V. J.; AGUILAR, J.; ACUÑA, J. D.; GARCIA, A. M.; y otros (1987): «Estudio de Instalación de Arrecifes Artificiales en Vinarós, Cullera, Benidorm y Santa Pola». Informe para la Consellería de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana, abril 1987.
4. MEDINA, J. R.; y SERRA, J. (1988): «Arrecifes Artificiales (I). Problemas pesqueros y de Protección de Costas». R.O.P. Noviembre 1987.

Josep Ramón Medina Folgado



Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Escuela Téc. Sup. de I.C.C.P. de Valencia (1979). Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia (1982), Profesor Titular de Universidad en 1984 y Director del Departamento de Transportes y Urbanística de la U.P.V. desde 1986. Profesor de Puertos y Estadística en la Escuela de Caminos de Valencia, su actividad investigadora básica se ha centrado en estudios de grupos de olas y simulación de oleaje publicados en parte en el Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering (ASCE, New York) y Applied Ocean Research (C.M.L. Publications, Southampton). Ha publicado otros trabajos sobre modelos de riesgo en obras y procesos litorales en revistas españolas y congresos internacionales. Es investigador principal o asociado en proyectos de simulación de oleaje, grupos de olas y estabilidad de diques financiados por instituciones españolas y norteamericanas.

José Serra Peris



Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la E.T.S.I. Caminos de Valencia (1979). Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia (1986) y Profesor Titular de Universidad en 1987. Profesor de Costas en el Departamento de Transportes, Urbanística y Ordenación del Territorio de la E.T.S.I. Caminos de Valencia; su actividad investigadora se ha centrado en estudios de dinámica y procesos litorales. Ha publicado trabajos en revistas españolas y congresos internacionales.

