

## 5                    ESTRUCTURAS MODULARES COMO ARRECIFES PARA LA BIODIVERSIDAD Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

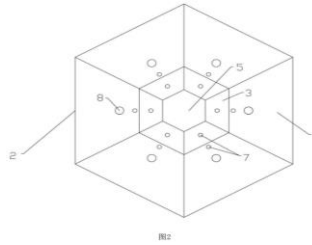
### CAMPO DE LA INVENCION

- La presente invención tiene su aplicación dentro del campo de la ingeniería ecológica y las soluciones  
 10            basadas en la naturaleza. Estas consideran el diseño de ecosistemas sostenibles para el mejoramiento  
               del hábitat, la restauración de ambientes degradados y/o perturbados, la conservación de la  
               biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos. En ellos se integra a la sociedad con el ambiente  
               natural para el beneficio de ambos en términos de gestión, protección y restauración para hacer frente  
               a los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa.
- 15            Los arrecifes de acero están contruidos con tubería reciclada proveniente del sistema de oleoductos.  
               Con este material se crean diseños ecológicos de gran envergadura que proporcionan hábitat para la  
               variedad de especies que conforman las comunidades marinas en aguas someras como son las algas,  
               los invertebrados (esponjas, corales, crustáceos, moluscos, briozoos, ascidias) y los peces.

### 20            ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

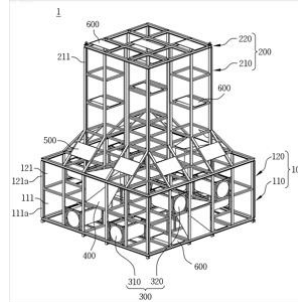
A continuación, serán referenciadas las patentes relacionadas:

- Patente # CN109699548A** "A KIND OF COMPOSITE CONCRETE MATERIAL ARTIFICIAL ECOLOGY  
 REEFS FOR CORAL REEF RESTORATION OF THE ECOSYSTEM" – "UN TIPO DE MATERIAL EN  
 CONCRETO COMPUESTO DE ARRECIFES ARTIFICIALES ECOLÓGICOS PARA LA  
 25            RESTAURACIÓN DEL ECOSISTEMA DE ARRECIFES CORALINOS" - CHINA La invención describe  
               un tipo de material combinado en concreto de arrecifes artificiales ecológicos para la restauración del  
               ecosistema de arrecifes de coral. Incluye arrecifes de material de hormigón y fibra de hierro distribuida  
               al menos en la superficie de concreto. Tiene la fibra de hierro fundido con alto contenido de carbono de  
               alta densidad distribuida equitativamente en la superficie. Su ventaja de costo de producción es por  
 30            haber tenido tantos arrecifes de concreto normales (mejorado 25% ~ 30% en comparación con los  
               arrecifes de concreto normales) y ventajas estructurales, es decir, la estructura tridimensional de los  
               arrecifes de hormigón es abundante y se puede proporcionar más espacios de fijación para las larvas  
               de coral. También tienen la ventaja química y biológica de los arrecifes metálicos, cuya tasa de adhesión  
               para las larvas de coral se puede mejorar. El molde con alto contenido de carbono y fibra de hierro  
 35            funciona porque en la fibra de hierro con alto contenido de fósforo, la molécula de hierro y las moléculas  
               de carbono son más fáciles de formar inicialmente, pues el metal de la batería que produce la reacción  
               de oxidación es activo y la reacción bioquímica generada puede promover el crecimiento de la  
               calcificación.



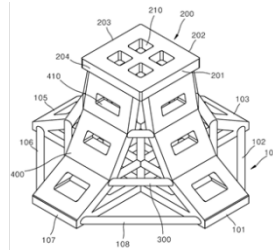
Dibujo 1

**Patente # KR20200110085A "HUME PIPE COMPOSITE STEEL TYPE'S ARTIFICIAL REEF HAVING MULTI- FLOOR"** – "ARRECIFE ARTIFICIAL DE VARIOS PISOS CON TUBERÍA COMPUESTA DE ACERO HUME" – Korea. La presente invención se refiere a un arrecife artificial. Más específicamente, la presente invención se refiere a un arrecife artificial de acero compuesto de tubería Hume de varios pisos, que utiliza una tubería Hume existente a gran escala en un marco compuesto por fuerza para asegurar la viabilidad económica y la durabilidad. Además, el arrecife artificial de acero compuesto de tubería Hume de varios pisos, está formado por una estructura en la que se apilan dos o más pisos que tienen diferentes estructuras, por lo que tiene una estructura que puede usarse para múltiples propósitos al implementarse para realizar varias funciones.



Dibujo 2

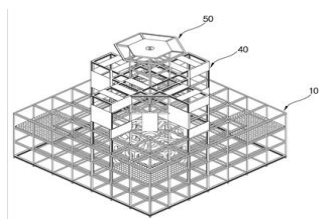
**Patente # KR101978414B1 "ARTIFICIAL REEF HAVING CURVED WALLS"** – "ARRECIFE ARTIFICIAL CON PAREDES CURVAS" – Korea. La presente invención se refiere a un arrecife artificial de pared curva, que comprende: una parte de base octogonal de material acero o de un material compuesto de concreto en el que al menos una parte del material acero está embebido, y que tiene una primera área superficial; una parte superior cuadrada que tiene un material de acero o un material compuesto de concreto en el que al menos una parte del material de acero está embebido, y que tiene una segunda área más pequeña que la primera área; un marco conectado entre la parte superior y la parte base; y la pared curva formada de concreto para rellenar al menos una parte de una parte lateral del marco entre la parte superior y la base.



Dibujo 3

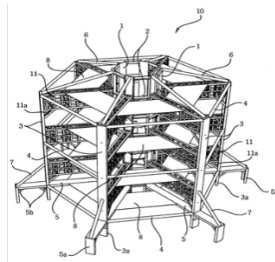
**Patente # KR101922146B1** "MANUFACTURING METHOD OF ARTIFICIAL REEF" – "MÉTODO DE MANUFACTURA DE ARRECIFE ARTIFICIAL" – Korea. La presente invención se refiere a un método de fabricación de un arrecife artificial que se puede fabricar e instalar fácilmente y presenta una excelente durabilidad después de la instalación. El método de fabricación incluye una etapa de construcción de una estructura en la que se forma en el interior una porción de espacio que se comunica con el exterior usando una variedad de materiales de base de acero tales como barras de acero y tuberías de acero.

**Patente # KR101880684B1** "TRIPLE-COMBINED TYPE ARTIFICIAL REEF" – "TIPO DE ARRECIFE ARTIFICIAL COMBINADO TRIPLE" – Korea. La presente invención se refiere a un arrecife combinado de tres etapas. El arrecife comprende: un primer castillo de arrecife que crea un entorno ecológico adecuado para las especies de peces que nadan en contacto con todo o parte del cuerpo del pez; un segundo castillo de arrecife que conforma un entorno ecológico adecuado para las especies de peces que nadan alrededor del arrecife; y un tercer castillo de arrecife que considera un entorno ecológico adecuado para las especies de peces que nadan en aguas superficiales e intermedias lejos del arrecife. El arrecife combinado de tres etapas crea un ambiente ecológico adecuado para varias especies de peces. Además, la mayor parte de los tres castillos de arrecife están hechos de acero. Por lo tanto, cuando las barras de acero se sueldan y ensamblan en el campo, se puede fabricar un producto de inmediato, de modo que no se necesita espacio para curar el concreto y no se necesita esperar para curar, reduciendo así el costo total de fabricación, acortando el período de construcción y aumentando la productividad del arrecife.



Dibujo 4

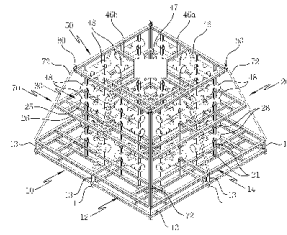
**Patente # KR20160107599A "STEEL FRAME REEF WITH MULTI-LAYER OF RIPRAP CASE"** –  
**"MARCO DE ARRECIFE DE ACERO CON CAPAS MÚLTIPLES DE CONTENEDOR DE ESCOLLERA"**  
 – Korea. La presente invención se refiere a un arrecife artificial de acero que se instala como una  
 estructura de marco que tiene una altura predeterminada mediante el uso de marcos de acero. Más  
 específicamente, con una variedad de marcos de columnas interiores dispuestos en la parte central  
 interior del arrecife artificial; los marcos de columnas exteriores están dispuestos en posiciones  
 correspondientes en la porción del borde exterior para separar cada marco de columnas interiores  
 individual; una variedad de contenedores de escollera en los que se insertan agregados de piedra entre  
 marcos de columnas interiores individuales y marcos de columnas exteriores correspondientes, están  
 dispuestos a intervalos regulares a lo largo de una dirección de altura; cada una de las cajas de escollera  
 está conectada e instalada en dirección horizontal mediante láminas ciegas que están dispuestas en  
 dirección radial a lo largo de la porción periférica interior del arrecife artificial. En consecuencia, el  
 arrecife artificial de acero permite estructuras de marco necesarias para la acomodación de diversos  
 peces y mariscos de una manera adecuada. En una estructura en forma de tabla necesaria para la  
 creación de sombras, es posible distribuir las estructuras de arenisca adecuadas para algas, cangrejos,  
 pepinos de mar, pulpos y peces, para distribuirse uniformemente por el espacio interior del mismo, así  
 como orgánicamente enlazados a cada estructura. Esto permite que los organismos acuáticos que viven  
 en la unidad arrecifal puedan ser más diversos y amplios, y al mismo tiempo, que tengan una cadena  
 trófica estable y construir un ecosistema saludable.



**Dibujo 5**

**Patente # KR101375558B1 "MULTI-STAGE LARGE PIPE TYPE ARTIFICIAL FISH-BREEDING REEF"** –  
**"GRAN ARRECIFE ARTIFICIAL MULTIFASE TIPO TUBERÍA PARA CRIANZA DE PECES"**  
 – Korea. La presente invención se refiere a un arrecife artificial de peces de tipo tubería de gran escala y  
 de múltiples etapas. Según la presente invención, el arrecife para peces tiene forma de pirámide para  
 responder de manera estable a los cambios frecuentes de marea, con un espacio libre preparado para  
 que el lado inferior del arrecife quede enterrado en un fondo poco consolidado. Proporciona refugio y  
 hábitat a los peces mediante la instalación de múltiples tubos perforados formados en forma de tubo en  
 el exterior, y proporciona un lugar para que los peces descansen, al terminar el lado superior del arrecife  
 en una forma plana para generar una sombra dentro del arrecife. El arrecife artificial de peces asegura  
 el espacio de hábitat artificial para las criaturas marinas, lo que ayuda a mejorar los ingresos de los  
 pescadores mediante la restauración del ecosistema marino.

5



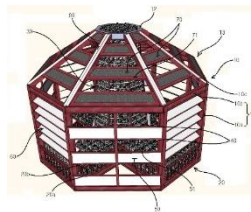
Dibujo 6

**Patente # KR101167655B1** "OCTAGON ROOF TYPE ARTIFICIAL REEF" – "ARRECIFE ARTIFICIAL

10 TIPO TECHO DE OCTÁGONO" – Korea. PROPÓSITO: Se proporciona un arrecife de peces artificial que tiene un techo en forma de octágono que proporciona un espacio para la dispersión y el hábitat de los invertebrados mediante la generación abundante de plancton que alimenta a los peces. CONSTITUCIÓN: Un arrecife artificial de peces que tiene un techo en forma de octágono conformado por un marco de arrecife de peces (10), un marco inferior (20), un marco central (30), piedra natural

15 (40), láminas laterales de acero (50), pasadizos de galería, tableros de granito (70) y cuerdas de manila (80). El marco del arrecife de peces se compone de marcos laterales, un molde superior en forma de octágono y un marco de techo. El marco inferior conforma el marco del piso arrecife de peces que se forma como pilares octogonales. El marco central conforma el espacio interior que se llena de piedra natural. Las láminas de acero laterales se instalan con una distancia fija desde los cuatro lados en la

20 dirección de la altura. Las pasarelas de galería se instalan en cuatro caras de descanso en las que no se instalan las chapas de acero laterales. Los tableros de granito se instalan respectivamente en las superficies superiores del techo octogonal. La cuerda de manila está compuesta para la construcción de lechos de algas.



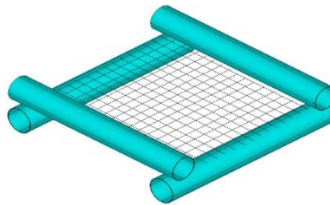
Dibujo 7

**Patente # KR20110096651A** "ARTIFICIAL FISH REEF USING STEEL PIPE AND USED FISHING NET" – "ARRECIFE ARTIFICIAL DE PECES USANDO TUBERÍA DE ACERO Y REDES DE PESCA" –

30 Korea. La presente invención se refiere a arrecifes artificiales, y en particular, fáciles de fabricar, que tienen una estructura que se puede unir bien a las algas.

5 Los arrecifes de hormigón convencionales tienen problemas como el costo de producción y el período de curado del encofrado, la rotura durante la instalación y el transporte, y la lenta tasa de crecimiento de los organismos adherentes. Para solucionar este problema se fabricaron arrecifes artificiales mediante tubos de acero y redes de pesca cerradas.

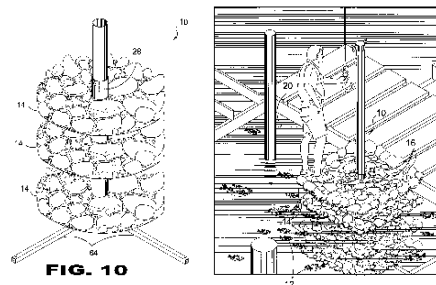
10 La presente invención no requiere el período de encofrado y curado requerido para la producción de arrecifes de hormigón convencionales mediante la fabricación de arrecifes artificiales utilizando tuberías de acero. Esto ahorra costos y tiempo. Además, el acero tiene una resistencia superior al hormigón, el riesgo de rotura que puede ocurrir durante la instalación y el transporte, y el peso de la luz en si puede reducir el asentamiento por su propio peso. Además, los iones de hierro producidos en la superficie del acero se siguen suministrando como un nutriente esencial para el crecimiento del fitoplancton, lo que  
15 proporciona una buena flora y ayuda a la reproducción de las algas, además utiliza las redes de pesca para ayudar al crecimiento de organismos adheridos bajo el agua.



Dibujo 8

20 **Patente # US7827937B1 "MARINE LINE FORM HABITAT"** – "HÁBITAT MARINO EN FORMA DE LÍNEA" – Estados Unidos. Proporcionar estructuras marinas sumergidas que tienen un componente principal de roca sedimentaria de origen bioquímico que está fijada dentro de un ensámblate de una estructura formada que se ancla en el entorno marino para fomentar el establecimiento de un ecosistema de arrecife.

25



Dibujo 9

- 5 Los arrecifes artificiales son una herramienta tecnológica que se ha utilizado para diferentes objetivos en más de 85 países. Las principales aplicaciones han sido el mejoramiento de la pesca, la creación de opciones turísticas, la restauración ecológica y la investigación. Más recientemente las funciones se han ampliado para el desarrollo de la maricultura, protección para la erosión costera y la biorremediación.
- 10 Históricamente los arrecifes artificiales han sido de tres tipos: 1) los que utilizan materiales de oportunidad (barcos, aviones, tranvías, *box culverts*, etc.) y que no fueron concebidos originalmente como arrecifes artificiales; 2) los arrecifes artificiales diseñados que se basan en un conocimiento claro de las condiciones ambientales y ecológicas, las características de los materiales, y la aplicación de conceptos de la ingeniería ecológica; 3) un híbrido entre las dos anteriores y que son arrecifes diseñados a partir de materiales de
- 15 oportunidad.

Los principales materiales que se emplean alrededor del mundo para crear arrecifes artificiales gracias a su compatibilidad, funcionalidad, estabilidad y durabilidad han sido el concreto y el acero. Otros materiales con menor difusión han sido la piedra caliza, el caucho, la fibra de vidrio, la madera, el aluminio y las

20 llantas; estas últimas prohibidas en varios países por sus efectos contaminantes.

En Colombia las comunidades de pescadores artesanales tradicionalmente han empleado materiales naturales como madera de manglar y otros árboles para crear fondos de pesca; también han utilizado piedra caliza y llantas. Las primeras referencias sobre el uso de arrecifes artificiales datan de la década

25 del setenta, como estudios preliminares elaborados por estudiantes de biología marina para evaluar su función ecológica como hábitat para especies de peces, invertebrados y algas en la región de Cartagena. Entre la década del ochenta y noventa iniciaron los proyectos institucionales por parte de entidades públicas como el desaparecido Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, y empresas privadas como Promigas y Chevron-Texaco con la creación de arrecifes artificiales a partir de llantas en el golfo de

30 Morrosquillo y La Guajira. A partir del 2000 la implementación de arrecifes contempló el uso de materiales como el acero y el concreto, y los objetivos incluyeron además de la mejora de las oportunidades de pesca, la restauración ecológica, el impulso del ecoturismo y la participación de las comunidades locales. También se amplió su utilización a la región de San Andrés y algunos sectores del Pacífico como Nariño y Chocó. Más recientemente, los proyectos de arrecifes han incluido su aplicación para la protección costera.

35

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

**Figura 1** Arrecife artificial cúbico diagonal en vista frontal con el rótulo (1) en los tubos principales del diseño básico.

40 **Figura 2** Arrecife artificial cúbico diagonal vista lateral con el rótulo (2) en los tubos de sentido diagonal.

**Figura 3** Arrecife artificial cúbico diagonal vista lateral con el rótulo (3, 4, 5) en las perforaciones con

5 diferente diámetro.

**Figura 4** Arrecife artificial cúbico vertical vista frontal con el rótulo (6) en los tubos principales del diseño básico.

**Figura 5** Arrecife artificial cúbico vertical vista lateral con el rótulo (7) en los tubos verticales dentro del marco del diseño básico.

10 **Figura 6** Arrecife artificial cúbico vertical vista lateral con el rótulo (8) en las perforaciones de diferente diámetro.

**Figura 7A** Arrecife artificial piramidal I vista superior y lateral con el rótulo en los tubos principales del diseño básico (9,10,11).

**Figura 7B** Arrecife artificial piramidal I vista frontal y lateral con el rótulo en las perforaciones de diferente diámetro (12, 13, 14).

15 **Figura 8A** Arrecife artificial piramidal II vista superior y lateral con el rótulo en los tubos principales del diseño básico (9,10,11).

**Figura 8B** Arrecife artificial piramidal II vista frontal y lateral con el rótulo en las perforaciones de diferente diámetro (12, 15).

20 **Figura 9A** Arrecife artificial piramidal III vista superior y lateral con el rótulo en los tubos principales del diseño básico (9,10,11).

**Figura 9B** Arrecife artificial piramidal III vista frontal y lateral con el rótulo en las perforaciones del mismo diámetro (16).

## 25 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

El sistema de arrecifes artificiales de acero u otro metal del grupo IB, IIB, IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIIIB, IIIA para la conservación y la restauración ecológica está elaborado con tubería en desuso que ha sido reciclada para la creación de estos hábitats. El diseño y el material empleado cumple con los principios básicos de funcionalidad, compatibilidad, estabilidad y durabilidad en una configuración ecológica que permite cumplir con los objetivos establecidos y cuyo tiempo mínimo de utilidad es de 30 años. Los módulos de arrecifes artificiales se construyen con tramos entre cinco y nueve metros que han sido ajustados en tamaño por medio de la técnica de oxicorte y posteriormente son ensamblados con soldadura de alta resistencia. El diseño general de los arrecifes es cúbico (con medidas de 4.5 x 4.5 x 4.5 metros) y otros tienen forma piramidal (con medidas de 3 x 3 x 2.8 metros). Estos módulos tienen particularidades en la configuración interna y el número de perforaciones, así como un alto perfil vertical, características que garantizan el establecimiento de una variada comunidad de organismos marinos como algas e invertebrados (tanto sésiles como móviles), así como peces demersales, pelágicos y semipelágicos. Por consiguiente, los arrecifes artificiales tienen incidencia en toda la cadena trófica de su área de influencia con efectos positivos en la productividad marina, la conservación de la biodiversidad y la restauración

5 ecológica.

Estos arrecifes fueron contruidos para mejorar su estabilidad y sostenibilidad en el tiempo, al ser estructuras soldadas no se desarmam con el oleaje, adicionalmente tienen perforaciones en los tubos para aumentar su complejidad y hacer más llamativos para los peces y (esponjas, corales, crustáceos, moluscos, briozoos, ascidias).

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Los arrecifes artificiales son contruidos con tubería de acero al carbón en desuso u otro metal del grupo IB, IIB, IIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIIIB, IIIA de la tabla periódica, utilizada previamente para el transporte de hidrocarburos; este material se recicló para la construcción de los arrecifes. La tubería originalmente constaba de tramos de seis y diez metros de longitud, con diámetros de 40 a 46 cm, con un grosor de 1 y 2 cm. Para el proceso de construcción, la tubería se libera de los residuos de alquitrán y se disponen adecuadamente según las normas ambientales, luego se corta con la técnica de oxicorte para obtener las medidas requeridas y posteriormente se ensamblan con soldadura de alta resistencia (70-18) para asegurar la estabilidad y durabilidad de los módulos.

Las estructuras reclamadas en la presente solicitud están conformada por dos tipos de diseño básico de elementos, específicamente mástiles, travesaños mayores, travesaños conectores horizontales entre los parales y travesaños conectores oblicuos.

Los arrecifes artificiales desarrollados en la primera fase del proyecto tienen el siguiente diseño:

- Diseño básico de cubo

Los arrecifes artificiales desarrollados en la segunda fase del proyecto tienen el siguiente diseño:

- Diseño básico piramidal

### Diseño básico de cubo:

Estos arrecifes de forma cubo, en donde cada lado tiene forma cuadrada, incluido su base. Tanto la cara superior como la cara inferior (base) cuenta con tres parales (tubos). Las dimensiones del cubo son entre 4.5 x 4.5 x 4.5 m y 6.5 x 6.5 x 6.5 m, su volumen está entre 91 m<sup>3</sup> y 274 m<sup>3</sup>, el área de la base tiene entre 20.02 m<sup>2</sup> y 42.2 m<sup>2</sup> y están conformados por dos diseños específicos diferentes:

- Cubo diagonal

- Cubo vertical

A continuación, se describen cada uno de los diseños:

**Cubo diagonal:** está conformado por 16 a 20 tubos con longitudes entre 4.5 y 6.5 metros de longitud que conforman el diseño básico **(1)**, con tubería que se entrecruza entre los paraleles de frente y los intermedios y estos con los paraleles de atrás **(Figura 1)**, y tienen entre seis a 10 tubos de 3.5 m a 5.5 m de longitud dispuestos diagonalmente al interior del cubo principal **(2) (Figura 2)**, distribuidos equitativamente a lo largo de los 4.5 y 6.5 m de altura. Este diseño cuenta con un total de 128 a 162 huecos: de ocho a 12 huecos de 40 a 46 cm de diámetro **(3)**, de 20 a 30 huecos de 20 a 25 cm de diámetro **(4)**, y entre 100 a 120 huecos de 5 y 10 cm de diámetro **(5) (Figura 3)**; El peso de estos diseños son de 12 a 16 toneladas. Presentan dos tubos paralelos en la base de los arrecifes cuya longitud es de 5.5 a 7.5 metros para dar mayor estabilidad a la estructura **(Figura 1, 2 y 3)**.

**Cubo vertical:** está conformado entre 16 y 20 tubos con longitudes entre 4.5 m y 6.5 m, que conforman el cubo básico **(6) (Figura 4)** y además tiene ocho tubos verticales de 2 a 3 metros dentro del cubo principal **(7) (Figura 5)**, seguidos uno del otro, conformando una pared en el centro del cubo, soldados a los dos tubos verticales centrales de la estructura. Este diseño cuenta con un total de 44 a 60 huecos circulares con diámetro entre 20 a 46 cm **(8) (Figura 6)**; el peso de este diseño es entre 11.4 y 17 toneladas. Ver figuras **(Figura 4, 5 y 6)**

#### **Diseño básico piramidal:**

Para la segunda fase se desarrollaron arrecifes artificiales de diseño piramidal con base cuadrada, con dimensiones de 3 x 3 x 2.8 m, y 4 x 4 x 3.8 volumen de 8.4 m<sup>3</sup> a 20.6 m<sup>3</sup> y un área en la base de 9m<sup>2</sup> a 16 m<sup>2</sup>. Estos módulos tienen un total de 10 a 14 tubos de 3 m a 4m de longitud con un peso de 3.8 a 5.8 toneladas. Los tubos están distribuidos de la siguiente manera: cuatro en la base formando un cuadrado, de cuatro a seis tubos verticales e inclinados entre 80 y 75 grados, y de dos a cuatro tubos horizontales ensamblados sobre los tubos verticales para formar un techo. El diseño básico piramidal está conformado por tres diseños específicos:

- Diseño piramidal I
- Diseño piramidal II
- Diseño piramidal III

A continuación, se describen cada uno de los diseños:

5

**Diseño piramidal I:** con dimensiones de 3 x 3 x 2.8 m, y 4 x 4 x 3.8 m volumen de 8.4 m<sup>3</sup> a 20.6 m<sup>3</sup> y un área en la base de 9 m<sup>2</sup> a 16 m<sup>2</sup> . Estos módulos tienen un total de 10 a 14 tubos de 3 a 4 m de longitud con un peso de 3.8 a 5.8 toneladas. Los tubos están distribuidos de la siguiente manera: cuatro en la base formando un cuadrado(9), de cuatro a seis tubos verticales e inclinados entre 80 y 75 grados (10), y de dos a cuatro tubos horizontales ensamblados sobre los tubos verticales para formar un techo (11) (Figura 7A, 8A y 9A). Tiene un total de 110 y 120 huecos circulares: 16 a 20 huecos de 40 a 46 cm de diámetro (12), 14 a 18 huecos de 10 a 15 cm de diámetro (13), y 80 a 90 huecos de 3 a 5 cm de diámetro (14) (Figura 7B)

10

15

**Diseño piramidal II:** con dimensiones de 3 x 3 x 2.8 m, y 4 x 4 x 3.8 m volumen de 8.4 m<sup>3</sup> a 20.6 m<sup>3</sup> y un área en la base de 9 m<sup>2</sup> a 16 m<sup>2</sup> . Estos módulos tienen un total de 10 a 14 tubos de 3 a 4 m de longitud con un peso de 3.8 a 5.8 toneladas. Los tubos están distribuidos de la siguiente manera: cuatro en la base formando un cuadrado(9), de cuatro a seis tubos verticales e inclinados entre 80 y 75 grados (10), y de dos a cuatro tubos horizontales ensamblados sobre los tubos verticales para formar un techo (11) (Figura 7A, 8A y 9A). Tiene un total de 62 a 72 huecos circulares: 16 a 20 huecos de 40 a 46 cm de diámetro (12) y de 46 a 52 huecos de 20 a 25 cm de diámetro (15)(Figura 8B).

20

25

**Diseño piramidal III:** con dimensiones de 3 x 3 x 2.8 m, y 4 x 4 x 3.8 m volumen de 8.4 m<sup>3</sup> a 20.6 m<sup>3</sup> y un área en la base de 9 m<sup>2</sup> a 16 m<sup>2</sup> . Estos módulos tienen un total de 10 a 14 tubos de 3 a 4 m de longitud con un peso de 3.8 a 5.8 toneladas. Los tubos están distribuidos de la siguiente manera: cuatro en la base formando un cuadrado (9), de cuatro a seis tubos verticales e inclinados entre 80 y 75 grados (10), y de dos a cuatro tubos horizontales ensamblados sobre los tubos verticales para formar un techo (11) (Figura 7A, 8A y 9A). Tiene entre 16 y 25 huecos circulares con diámetros entre 40 y 46 cm (16) (Figura 9B).

30

Características de diseño y localización de los arrecifes artificiales AA instalados en la bahía de Pozos Colorados – Colombia (P: profundidad; V: volumen; A: área; TH: total de huecos; DC: distancia de la costa; DAC: distancia al AA más cercano; Ø: número de huecos of 46, 25, 20, 10 and 5 cm en diámetro).

| AA  | Modelo        | P (m) | V (m <sup>3</sup> ) | A (m <sup>2</sup> ) | TH  | DC (m) | DAC (m) | Ø46 | Ø25 | Ø20 | Ø10 | Ø5  |
|-----|---------------|-------|---------------------|---------------------|-----|--------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| AA1 | Cubo diagonal | 15.9  | 91                  | 20.25               | 153 | 2130   | 254     | 8   | 0   | 20  | 0   | 125 |
| AA2 | Cubo diagonal | 14.1  | 91                  | 20.25               | 153 | 1700   | 280     | 8   | 0   | 20  | 0   | 125 |
| AA3 | Cubo diagonal | 12.9  | 91                  | 20.25               | 153 | 1320   | 486     | 8   | 0   | 20  | 0   | 125 |
| AA4 | Cubo vertical | 10.6  | 91                  | 20.25               | 44  | 1280   | 421     | 24  | 0   | 20  | 0   | 0   |
| AA5 | Cubo vertical | 12.1  | 91                  | 20.25               | 44  | 1630   | 326     | 24  | 0   | 20  | 0   | 0   |

|      |               |      |     |       |     |      |     |    |    |    |    |    |
|------|---------------|------|-----|-------|-----|------|-----|----|----|----|----|----|
| AA6  | Cubo vertical | 14.6 | 91  | 20.25 | 44  | 1990 | 253 | 24 | 0  | 20 | 0  | 0  |
| AA7A | Pirámide I    | 14.9 | 8.1 | 9     | 110 | 2200 | 144 | 16 | 0  | 0  | 14 | 80 |
| AA7B | Pirámide I    | 15.7 | 8.1 | 9     | 110 | 1980 | 144 | 16 | 0  | 0  | 14 | 80 |
| AA8A | Pirámide II   | 16.4 | 8.1 | 9     | 62  | 2290 | 146 | 16 | 46 | 0  | 0  | 0  |
| AA8B | Pirámide II   | 16.1 | 8.1 | 9     | 62  | 2290 | 146 | 16 | 46 | 0  | 0  | 0  |
| AA9A | Pirámide III  | 13.9 | 8.1 | 9     | 16  | 1830 | 134 | 16 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| AA9B | Pirámide III  | 13.1 | 8.1 | 9     | 16  | 1700 | 134 | 16 | 0  | 0  | 0  | 0  |

5

Para complementar la descripción y con el objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características y formas de la presente invención, se adjunta a la presente memoria descriptiva una serie de figuras ilustrativas e imágenes (fotografías) donde se podrá comprender y detallar más fácilmente las características innovadoras y sus ventajas de las estructuras de arrecifes desarrollados.

10

## EJEMPLOS

Los arrecifes artificiales de la primera fase (cúbicos) se fondearon en el 2013 y los de la segunda fase (piramidales) en el 2015 en un área concesionada de 137 hectáreas en la bahía de Pozos Colorados, municipio de Santa Marta, departamento del Magdalena, Caribe de Colombia. Las profundidades a la que se instalaron oscilaron entre 10.6 y 16.4 m, y la distancia desde la costa entre 1280 y 2290 m. La configuración espacial de los módulos presentó distancias entre estos de 134 a 486 m.

15



5

**Arrecife artificial cúbico diagonal****Arrecife artificial cúbico vertical**

10

**Arrecife piramidal I (izquierda) y piramidal II (derecha)**



5

**Arrecife piramidal III**