(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **3 083 167**

(21) Número de solicitud: 202530316

(51) Int. CI.:

***A01M 29/24*** (2011.01)
***B63B 22/00*** (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

**15.04.2025**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**28.10.2026**

(71) Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100,00%)**
**Carretera San Vicente del Raspeig, s/n**
**03690 San Vicente del Raspeig (Alicante) ES**

(72) Inventor/es:

**BORDEHORE FONTANET, César;**
**FONFRÍA SUBIROS, Eva;**
**LLORET MAURI, Jaime;**
**PARRA BORONAT, Lorena;**
**SENDRA COMPTE, Sandra y**
**IVARS PALOMARES, Alberto**

(54) Título: **SISTEMA DE MODIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO DE MEDUSAS EN MEDIOS MARINOS**

(57) Resumen:

El sistema de modificación del movimiento de las medusas en medios marinos de la presente invención se basa en su comportamiento ante campos electromagnéticos y permite evitar la llegada de medusas a zonas protegidas. La invención se basa un sistema en el que intervienen unas bobinas, dispuestas en vertical mediante una boya, una cadena y un peso, que generan campos electromagnéticos que aturden a las medusas y que por la acción adicional de corrientes de agua desplazan a las medusas sin movimiento. Lejos del campo magnético, las medusas recuperan su movilidad. Las bobinas generan un campo EM al ser alimentadas por un microcontrolador y un generador de señal senoidal. En la boya se incluye la electrónica necesaria para captar, almacenar y regular la energía, así como el microcontrolador y el generador de señal de, al menos, 3,3V y con una frecuencia entre 400 y 800 kHz.

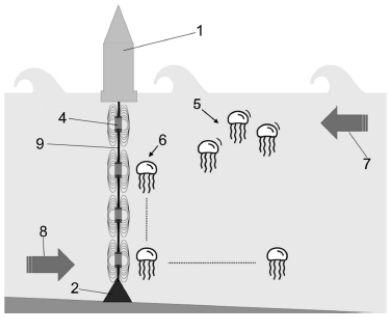



FIG. 1

ES 3 083 167 A1

## DESCRIPCIÓN

## SISTEMA DE MODIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO DE MEDUSAS EN MEDIOS MARINOS

### SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un sistema para alterar el movimiento de las medusas que son sensibles a campos electromagnéticos, por ello la presente invención se encuadra en el ámbito de la Biología Marina, en concreto, en dispositivos que modifican el comportamiento de los animales marinos invertebrados.

### ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

La presencia de medusas en zonas costeras representa un gran problema para el funcionamiento de cierto tipo de industrias y actividades marítimo-costeras. En las industrias que requieren de un sistema de captación de agua salada para su correcto desempeño, como pueden ser los sistemas de enfriamiento, la aparición de medusas en las inmediaciones de los colectores de captación de agua puede ser peligroso por la obstrucción de los mismos, generando situaciones con consecuencias extremadamente graves. Así mismo, con el aumento de la temperatura global del mar, la industria turística dedicada principalmente al turismo de sol y playa, también se está viendo gravemente afectada, pues la presencia de medusas en las playas condiciona al turismo en su elección de destinos, con el consecuente impacto negativo en la economía de la zona.

Actualmente, en el mercado se pueden encontrar tanto sistemas disuasorios empleados con la finalidad de reducir la llegada de las medusas a ciertas áreas, como sistemas de alerta temprana. Los sistemas para prevenir y reducir la llegada de medusas a zonas delimitadas se basan actualmente en medios físicos como pueden ser las redes ancladas al sustrato y a unas boyas de flotación, las barreras de burbujas o las membranas. Respecto a los sistemas de alerta temprana, se basan en la monitorización de las condiciones del medio para estimar la probabilidad de aparición de medusas. Por último, es posible encontrar ciertos compuestos y productos en el mercado cuyo objetivo se centra en prevenir, reducir y/o paliar los efectos de las picaduras de medusas en los seres humanos. La mayoría de estos productos suelen ser cremas y pomadas que, en contacto con el agua, dejan ciertos residuos en el agua, contaminando y ensuciando.

Seguidamente se detallan documentos de patentes publicados y sus diferencias respecto a la propuesta de la presente invención.

Los documentos de patente CN111127281A "*Large-scale disaster jellyfish online monitoring system and monitoring method"* y CN112801381A relativo a "*Jellyfish disaster early warning method*" divulgan sistemas capaces de detectar y /o predecir la llegada de medusas, sin embargo, estos sistemas no permiten modificar su comportamiento con el fin de repelerlas para que no lleguen al lugar deseado.

El documento coreano no. KR20140131242A relativo "*A jellyfish barrier device*" divulga un sistema de barrera en forma de membrana que es capaz de bloquear el tránsito de las medusas a las zonas de baño, aunque no es capaz de modificar su comportamiento con el fin de repeler a las medusas.

El documento coreano no. KR101262704B1 relativo "*A jellyfish barrier device*" divulga un sistema capaz de bloquear el camino a las medusas para poder recolectarlas posteriormente. El sistema divulgado en este documento no es capaz de modificar el comportamiento con el fin de repeler a las medusas.

El documento francés no. FR2439845A1 relativo a "Jellyfish barrier for sea bathing area - has submerged bed anchored screen hung from float and straddled by pipes emitting air bubbles" divulga un sistema que se compone de una barrera submarina que mediante el uso de corrientes de burbujas repele a las medusas para que no puedan acceder al lugar protegido. A pesar de repeler a las medusas, en este documento no se divulga la modificación del comportamiento natural de las medusas temporalmente, por ejemplo, mediante el uso de campos electromagnéticos.

La patente europea validada en España no. ES2444116T3 "Combinaciones anti medusas" divulga la utilización de cationes para evitar las picaduras de las medusas, pero no modifica el comportamiento de estas.

El modelo de utilidad español no. ES1069100U "Barrera de protección frente a medusa" utiliza una red anclada al sustrato y a unas boyas de flotación, que se hace a medida para el lugar que se quiere proteger, las medusas quedan enganchadas y no pueden pasar, pero no es capaz de modificar el comportamiento de las medusas.

El modelo de utilidad español no. ES1243505U “Barrera de protección anti medusas” utiliza una red anti-medusas anclada al suelo y a una boya de flotación alargada que evita el paso de las medusas. Aunque esta no modifica su comportamiento.

El modelo de utilidad español no. ES1238887U “Dispositivo de protección contra medusas” utiliza una barrera en forma de red con lastres y boyas para su funcionamiento, en este caso existirán cabos para que las embarcaciones puedan amarrarse. Esta barrera impide el paso de las medusas y de otros organismos marinos, pero no es capaz de modificar el comportamiento.

Por otro lado, la solicitud internacional de patente no. WO2015068873A1 “*Ocean life repelling device and array including same*” divulga un sistema para modificar el comportamiento de animales, en concreto para repeler vida marina. El sistema consta de una boya, anclada al fondo mediante peso, un generador de campo magnético y un módulo solar. Sin embargo, a diferencia de la presente invención, el sistema propuesto en WO2015068873A1 se centra en el sistema de flotabilidad y su adaptabilidad a los cambios en la altura de la columna de agua. Adicionalmente, el sistema del citado documento está diseñado para tiburones, no para medusas, y el campo magnético se genera mediante electrodos en lugar de ser generado mediante una bobina, como en la presente invención. En el documento WO2015068873A1 no se describe de forma clara como es el sistema que genera el campo magnético, y dado que alimenta electrodos, no es capaz de generar la corriente necesaria para alimentar una bobina como la propuesta en la presente invención, cuya configuración, como se verá más adelante, resulta clave para generar la frecuencia requerida para afectar el movimiento de las medusas de forma eficaz.

La solicitud internacional de patente no. WO2017122838A1 “*Buoy for repeling jellyfish by using ultra-low frequency waves*” divulga un sistema para repeler medusas basado en una boya con módulo solar que alimenta y carga una batería, un controlador y un generador de onda de ultra baja frecuencia. El sistema se ancla al fondo mediante cadena y peso. Sin embargo, a diferencia de la presente invención, el sistema de WO2017122838A1 utiliza ondas de frecuencia ultra baja (10 a 20Hz) en lugar de usar un campo magnético. Además, el sistema que se propone en WO2017122838A1 cuenta con elementos destinados a erradicar a las medusas, las frecuencias ultra bajas, mientras que el que se propone en la presente patente es inocuo y no las erradica, simplemente las aleja de la zona en la que se implanta.

La solicitud internacional de patente no. WO2016072862A1 “Apparatus for rejection/control of pests to areas, and the use thereof” describe un sistema y método para repeler, entre otros, vida marina, basado en una red que delimita mediante flotadores y pesos una zona protegida. Se utilizan impulsos eléctricos a lo largo de la red alimentada mediante baterías o panel solar. Sin embargo, a diferencia de la presente invención, la solución propuesta en WO2016072862A1 utiliza para repeler animales un tren de impulsos eléctricos en lugar de generar un campo magnético. La generación de un campo electromagnético como el de la presente invención requiere menos energía y un número menor de componentes electrónicos que en el caso de la generación de un tren de impulsos eléctricos.

Finalmente, cabe señalar el artículo de título “*Altering the Behaviour of the Catostylus mosaicus Jellyfish using Electromagnetic Fields*” (2023, Jaime Lloret et al.), el cual estudia el efecto de la aplicación de un campo electromagnético generado por una bobina en el comportamiento y movimiento de medusas, en un acuario. Los resultados muestran en un ensayo realizado en un acuario de tamaño doméstico (de 30 litros de capacidad) cómo disminuye la frecuencia de los movimientos natatorios ante la radiación. Si bien es cierto que en el artículo se menciona que el campo magnético afecta a las medusas, el citado artículo no detalla una configuración concreta del sistema para su uso eficaz en aguas abiertas y tampoco se divulgan ensayos donde se demuestre la intensidad de campo magnético conseguido en un medio marino y el comportamiento de las medusas ante una configuración concreta de un sistema a escala industrial. Además, el articulo divulga la generación de ondas de 2 a 3,5 kHz las cuales se encuentran muy alejadas de la propuesta de la presente invención. El campo magnético generado, según las variaciones de parámetros descritos varía ente 12,1 y 14,3 mT.

Así, en vista del estado del arte descrito, se detecta la necesidad de ofrecer un sistema a gran escala capaz de operar de forma eficaz en un entorno marino real, que permita alterar temporalmente el comportamiento de las medusas para evitar los problemas asociados a éstas, sin causar daño físico a las mismas.

**EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN**

La presente invención propone un sistema electrónico automático capaz de alterar el patrón de movimiento o comportamiento de medusas en medios marinos en base a la generación de campos magnéticos. El sistema de la invención permite controlar la presencia de medusas a

las zonas sensibles, delimitadas por el sistema eléctrico, mediante la reducción de la capacidad de natación de las medusas y el uso de las corrientes del fondo marino para alejarlas a otras zonas.

Así, el sistema de la invención genera a partir de unas bobinas de cobre esmaltado unos campos electromagnéticos (EM) de un tamaño reducido en el agua, de forma que ante dichos campos electromagnéticos las medusas reducen su número de pulsaciones. En este sentido, cabe señalar que las características técnicas de las bobinas que participan en el sistema, así como su disposición es vital para alcanzar el efecto técnico que persigue la presente invención.

Cabe señalar que las pulsaciones de una medusa corresponden al movimiento mediante el cual, contraen su umbrela para crear un flujo de agua que les permite moverse. De esta forma, las medusas, durante su comportamiento habitual, regulando sus pulsaciones logran mantenerse en la parte superior de la columna de agua.

Ante la acción de los campos electromagnéticos de las bobinas de la presente invención, las medusas afectadas disminuyen su número de pulsaciones. Así, el sistema deja a las medusas temporalmente sin movimiento y por la acción de la gravedad bajan por la columna de agua, alejándolas del sistema de la invención (y del campo EM que este genera) por la acción de las corrientes marinas. El tiempo en el que permanece la medusa sin pulsar varía entre especies y la cercanía al campo magnético, pudiendo llegar este efecto a prolongarse durante varios minutos en los individuos más sensibles.

En el sistema de modificación del movimiento de medusas de la presente invención participa una boya, una cadena asociada por uno de sus extremos a la boya, y un peso o lastre dispuesto en el extremo opuesto de la cadena al que se dispone la boya, de forma que el sistema queda anclado o fijado en el fondo marino por el peso con el objetivo de crear una barrera vertical.

A lo largo de la cadena se disponen unidas a la misma dos o más bobinas de hilo de cobre, que son las encargadas de generar los campos EM que afectarán al movimiento de las medusas cercanas.

En la boya se localiza toda la parte eléctrica y electrónica necesaria para captar, almacenar y

regular la energía, así como el microcontrolador y el circuito que genera una señal de, al menos, 3,3V y una frecuencia de funcionamiento entre 400 y 800 kHz. Con objeto de alimentar el sistema, la boya del sistema incluye en su parte externa, un elemento de captación de energía, preferentemente integrado por un panel solar.

Por otra parte, la boya incluye en su interior un componente de almacenamiento de energía basado en baterías, un convertidor de tensión continua, un microcontrolador con una salida de, al menos, 3,3 V encargado de activar/desactivar las bobinas, un generador de señal senoidal de alimentación de las bobinas y un relé de control encargado de activar/desactivar el generador de señal senoidal.

De esta forma, a partir de la energía proporcionada por el convertidor de energía continua, el generador de señal senoidal alimenta las bobinas para generar el campo EM deseado.

El microcontrolador que participa en el sistema de la invención ha de tener como mínimo una salida de 3,3 V, y preferentemente una salida de 5 V.

Por otro lado, con objeto de generar el campo EM con la intensidad necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de la invención, se ha optimizado el diseño de las características de cada bobina, las cuales deben estar comprendidas entre los siguientes rangos:

- Número de espiras de la bobina: entre 80 y 120 espiras dispuestas en forma de solenoide o de toroide.
- Diámetro de la bobina entre 25 y 35 mm.
- Diámetro del hilo de cobre de cada bobina entre 0,4 mm y 0,6 mm.

Por último, en lo que se refiere al generador de señales senoidales cabe señalar que la señal generada debe cumplir con las siguientes características:

- Voltaje pico a pico ($V_{PP}$) de al menos 3,3 V.
- Frecuencia de funcionamiento comprendida entre 400 y 800 kHz.
- Formas de la onda: preferentemente debe tratarse de una onda senoidal, aunque ondas cuadradas pueden ser aceptables.
- Offset de la señal de 0 V (altamente recomendado), aunque también es posible trabajar con un offset con una parte de señal positiva y otra parte de señal negativa,

oscilantes en referencia a un punto medio de tensión

De esta forma, se requiere un generador de señal senoidal que genere una corriente alterna similar a una señal sinusoidal que contenga una parte de señal positiva y otra parte de señal negativa, oscilante en referencia a un punto medio de tensión. Para lograrlo se utiliza un amplificador operacional y una serie de componentes discretos para adaptar los niveles de señales necesarios. Concretamente, el generador de señal senoidal presenta tres bloques, un primer bloque que es un sistema de creación de tierra virtual, que incluye una fuente de alimentación; un segundo bloque que comprende un divisor de tensión integrado por dos resistencias del mismo valor; y un tercer bloque que comprende un capacitor.

Cabe señalar que el sistema de la invención tiene un carácter modular que facilita la interoperabilidad con distintos fabricantes. Así, permite añadir múltiples microcontroladores de distintos fabricantes, los cuales se caracterizan por tener distintos precios, consumos energéticos, capacidades computacionales y de almacenamiento, etc., sin tener que realizar cambios significativos en el sistema.

Es importante destacar que el sistema propuesto, es inofensivo para las medusas, pues cuando las mismas salen del campo EM, vuelven a pulsar y desplazarse con total regularidad, pero alejadas del lugar de conflicto en el que se desea que no estén presentes.

La presencia de una pluralidad de bobinas a lo largo de la cadena dispuesta verticalmente define una columna de agua en la que actúa el campo EM generado por la presente invención, creando una barrera, o bien la presencia de las bobinas en la citada cadena se limita solo una parte de la columna de agua, en cuyo caso, se estaría trabajando en la prevención de la llegada de medusas a una zona muy concreta, por ejemplo, los colectores de captación de agua.

El sistema se puede implementar sobre distintos tipos de sustratos y con distintas profundidades, dependiendo su eficacia de la advección producida por las corrientes cuando la medusa reduzca o pare su pulsación (y por consiguiente su movimiento propio).

El sistema de la invención evita la llegada de medusas a zonas protegidas y, conforme se ha señalado anteriormente, se basa en la generación de campos EM que afectan a las medusas, y por ello dejan de pulsar, y en el uso de las corrientes de agua que se encargan de llevarse

a las medusas sin movimiento. Una vez lejos del campo magnético, las medusas recuperan su movilidad.

Por tanto, el procedimiento para modificar el movimiento de medusas en medios marinos empleando el sistema de la invención comprende las siguientes etapas:

- disposición del sistema en el entorno marino seleccionado;
- captación de energía por el elemento de captación de energía y almacenamiento de la misma en el componente de almacenamiento;
- conversión en tensión continua por parte del convertidor de tensión continua y alimentación del microcontrolador y/o relé de control;
- activación por parte del relé de control del generador de señal senoidal, el cual genera una señal con un voltaje pico de, al menos, 3,3 V, generando cada bobina un campo electromagnético con una frecuencia entre 400 kHz y 800 kHz;
- afectación del campo electromagnético a las medusas presentes, disminuyendo sus pulsaciones respecto a las pulsaciones máximas en ausencia de campo electromagnético, pudiendo reducirse las pulsaciones hasta que las medusas se detienen por completo;
- caída por gravedad de las medusas afectadas por los campos electromagnéticos;
- arrastre por parte de las corrientes marinas de las medusas hasta una zona fuera del alcance de los campos electromagnéticos;
- recuperación de las pulsaciones en ausencia de campo electro por parte de las medusas;

Así, cuando las medusas pasen cerca de las bobinas del sistema, dispuestas en vertical y a lo largo de la columna de agua, los campos EM causarán una alteración en su movimiento natatorio habitual, quedando parcial o totalmente quietas. Debido a la gravedad, y afectadas por los campos magnéticos de las sucesivas bobinas dispuestas en vertical, las medusas caerán al fondo y serán arrastradas por las corrientes lejos de la zona protegida. Cuando la medusa se aleje de la zona afectada por los campos EM recuperará su pulsación natural y volverá a nadar de forma libre.

Esta invención es susceptible de aplicación industrial tanto para la protección de zonas de baño en áreas en las que están presentes especies potencialmente peligrosas para el ser humano, así como para evitar la obstrucción de captación de agua. Este último caso es de

especial relevancia para la industria energética, concretamente en las centrales termoeléctricas (incluyendo las centrales nucleares) refrigeradas por agua de mar, pudiéndose encontrar casos en que ha sido necesario detener el funcionamiento de la central. Mediante el uso de este sistema en las inmediaciones de las zonas de captación de agua se podría evitar la llegada masiva de medusas. Otros posibles casos de uso sería la captación de agua de mar para desaladoras o instalaciones acuícolas.

Por último, cabe subrayar que este sistema no daña a las medusas ni constituye un obstáculo sobre el cual las medusas se puedan acumular provocando problemas secundarios como la destrucción de los individuos por golpes causados por las corrientes superficiales y el oleaje. Mediante el uso de este sistema, las medusas son detenidas y redistribuidas a otras zonas mediante las corrientes del fondo marino.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de facilitar la comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de imágenes con carácter ilustrativo, donde se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista del efecto del sistema de la presente invención en el desplazamiento de medusas en el medio marino.

Figura 2.- Muestra una vista del sistema conforme a una realización preferente de la presente invención.

Figura 3.- Muestra una vista en detalle de los bloques electrónicos que forman el generador de señal senoidal que participa en el sistema de la invención.

Figura 4.- Muestra una gráfica que ilustra el efecto del campo magnético generado a distintas frecuencias sobre la motricidad de distintas especies de medusas. En el eje de abscisas se ha representado la frecuencia de exposición en kHz, mientras que en el eje de ordenadas se ha representado el porcentaje de pulsaciones medido respecto a su máximo en ausencia de campo electromagnético. La serie de datos A corresponde a la especie de medusa *Rhizostoma pulmo*, la serie de datos B corresponde a la especie *Carybdea marsupialis* y la

serie de datos C corresponde a la especie de medusa *Catostylus mosaicus*.

**EXPOSICIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN**

La figura 1 muestra un diagrama de la instalación del sistema en un entorno marino con presencia de medusas, donde se observa que el sistema de la invención en su realización preferente incluye una boya (1) – la cual contiene la parte eléctrica y electrónica-, una cadena (9) para su fondeado, un peso (2) ubicado en el fondo marino y unas bobinas (4) unidas a lo largo de la cadena (9) las cuales se disponen en la zona a proteger donde se desea evitar la presencia de medusas.

Se puede colocar un único sistema o varios, formando una barrera lineal o circular para proteger la zona de interés.

El sistema debe situarse en un emplazamiento en un medio marino donde existan corrientes de agua en el fondo, que permitan el arrastre de las medusas afectadas por el sistema propuesto.

Tras ubicar el sistema en el lugar seleccionado, éste es alimentado mediante un panel solar (3) dispuesto en la parte externa de la boya (1), tal y como se observa en la figura 2. En dicha figura se detallan de forma esquemática los elementos que forman parte del sistema de la invención de acuerdo a una realización preferente, que seguidamente se listan:

- una boya (1),
- una cadena (9) al final de la cual existe un peso (2) para fijar el sistema en el medio marino,
- cuatro bobinas (4) unidas a lo largo de la cadena (9) que generan campos EM, donde cada bobina (4) presenta un número de espiras entre 80 y 120 espiras dispuestas en forma de solenoide o de toroide, un diámetro de la bobina entre 25 y 35 mm y un diámetro del hilo de cobre entre 0,4 y 0,6 mm;

de forma que la boya (1) presenta:

- en su parte externa, un panel solar (3) para la captación de energía, y
- en su interior, un componente de almacenamiento de energía basado en

baterías (10), un convertidor de tensión continua (11), un microcontrolador (13) con una salida de, al menos, 3,3 V, un generador de señal senoidal (14) de alimentación de las bobinas (4) y un relé de control (12) encargado de activar/desactivar el generador de señal senoidal (14).

La señal del generador de señal senoidal (14) alimenta las bobinas (4), generando campos EM que alteran el comportamiento natural de las medusas (5), dejándolas sin movimiento (6) cuando quedan expuestas a los mismos, de forma que las medusas (5) son alejadas de la cadena (9) por acción de las corrientes de los medios marinos, recuperando su comportamiento natural (pulsaciones en ausencia de afectación por los campos EM) cuando quedan fuera del alcance de los campos electromagnéticos.

Los niveles de tensión proporcionados por el panel solar (3) deben adaptarse a los requerimientos del microcontrolador (13) y el resto de los elementos presentes en el sistema, usando 3,3 V o 5 V.

Así, el microcontrolador (13) se encarga de controlar si las bobinas (4) deben ponerse en marcha o no. Al activarse el generador de señal senoidal (14), las bobinas (4) reciben la señal tras pasar por la etapa de salida encargada de eliminar el offset de la señal cuadrada.

La señal generada por el generador de señal senoidal (14) tiene las siguientes características: $V_{PP}$ de al menos 3,3 V, frecuencia de entre 400 y 800 kHz.

El sistema electrónico está formado por convertidor de tensión continua (11) encargado de convertir la energía solar captada por el panel solar (3) en energía eléctrica, al tiempo que es almacenada en una batería (10). Preferentemente, la boya (1) incluye un regulador de carga (15) encargado del control de carga de la batería (10) y de la alimentación del resto del sistema.

La energía proporcionada por el convertidor de tensión continua (11) es típicamente de 12 ó 24 V. Se requiere un convertidor de tensión continua (11) hasta una tensión de salida de entre 3,3 V y 5 V.

La figura 3 muestra el diagrama electrónico necesario para la creación de las ondas senoidales adecuadas para la alimentación de las diferentes bobinas (4) que integran en

sistema de la invención. Así, como muestra la figura 3, el generador de señal senoidal (14) está formado por 3 bloques:

- **Bloque 1: Sistema de creación tierra virtual.** Este sistema comprende una fuente de alimentación simple de, al menos, 12 V y un divisor de tensión formado por dos resistencias del mismo valor (R1=R2). Con ello, se crea una tierra virtual o punto medio a 6V. La señal generada, inicialmente oscilará entre los +6V y, al menos, los +12V. Así mismo, se incluye un capacitor (C4) para desacoplar el punto medio creado con el divisor de tensión.
- **Bloque 2: Generador de onda mediante amplificador operacional y filtrado:** Se implementa mediante un amplificador operacional en configuración de puente de Wien, el cual comprende tres resistencias (R1'), (R2') y ($R_{ajuste}$); dos condensadores (C1) y (C2); y dos diodos (D1), (D2). Para ello, los componentes (C1) y (R1') se conectan en serie entre la salida (Vout) y la entrada no inversora (+) para crear la rama de retroalimentación positiva y los componentes (C2) y (R2'), conectados en paralelo entre la entrada no inversora (+) y tierra (GND). Los componentes (R1'), (R2'), (C1) y (C2), junto con (R1) y (R2) del Bloque 1, permiten seleccionar la frecuencia de oscilación de las señales generadas, la cual es un parámetro clave para la generación de los campos EM perseguidos. La retroalimentación Negativa es empleada como sistema de control de Ganancia y estabilización de la amplitud de la señal de salida. Se implementa usando una resistencia de ajuste ($R_{ajuste}$) y dos diodos (D1) y (D2) que están conectados en paralelo con ($R_{ajuste}$) pero en direcciones opuestas. Este sistema limitará la amplitud de la señal cuando trate de crecer demasiado.
- **Bloque 3: Sistema de acoplamiento o ajuste del nivel de continua de la señal:** Después de generar una señal senoidal que oscila entre ±6V, se emplea un condensador de acoplamiento (C3) para bloquear el componente de corriente continua (DC) y centrar la señal en 0V, de manera que se alternen partes positivas y negativas.

Así, para el correcto funcionamiento del sistema, es necesaria una señal que sea alterna o que oscile, y que esta oscilación, sea entre valores positivos y negativos. Para ello, el Bloque 2 es alimentado entre 2 valores de tensión, generados en el Bloque 1. Por tanto, a la salida del Bloque 2, se tiene una señal, capaz de oscilar entre los valores generados en el Bloque 1, pero todavía no tiene los valores negativos que se requieren. Es por ello que se incluye el Bloque electrónico 3, el cual se encarga de desplazar la señal y centrarla en el valor 0. Con ello, se consigue finalmente, tener una señal alterna, que oscile entre un valor positivo y un

valor negativo.

Tal y como se representa de forma esquemática en la figura 1, cuando las medusas pasen cerca de las bobinas (4) del sistema, los campos EM causarán una alteración en el movimiento natatorio habitual de las medusas (5), quedando las medusas temporalmente sin movimiento (6). Debido a la gravedad, las medusas caerán al fondo y serán arrastradas por las corrientes superficiales (7) y las corrientes profundas (8), lejos de la zona protegida. Cuando la medusa se aleje de la zona afectada por los campos EM recuperará su pulsación natural y volverá a nadar de forma libre.

La figura 4 muestra una gráfica que indica la motricidad de las medusas como el número de pulsaciones en un periodo de 30 segundos respecto al máximo número de pulsaciones registrado durante el experimento para los distintos campos magnéticos generados. En los experimentos se exponía a la medusa durante un periodo de 2 minutos al campo magnético generado por las bobinas al alimentarlas a distintas frecuencias y posteriormente se dejaba a la medusa sin exposición. Los efectos eran vistos tanto durante la exposición como durante el minuto posterior a la exposición. Estos datos están recogidos para tres especies de medusas que corresponden a grupos taxonómicos diferenciados.

En la figura 4 se puede ver como para todas las especies de medusas empleadas en los experimentos han demostrado alteraciones en su motricidad en algún punto del experimento. En algunas especies como es el caso de *Rhizostoma pulmo* (serie de datos A en la figura 4), los efectos han sido más acentuados llegando a detenerse completamente las pulsaciones al exponerse a una frecuencia de 800 kHz. En otros casos el efecto es visible cuando el campo es generado a varias frecuencias y la medusa ha reducido el número de pulsaciones, pero sin llegar a 0, siendo este el caso de *Carybdea marsupialis* (serie de datos B en la figura 4) que se ve afectada por las frecuencias 400 kHz y 700 kHz. Por último, hay una especie, *Catostylus mosaicus* (serie de datos C en la figura 4), sobre la cual el campo magnético generado le afecta bajando su número de pulsaciones a menos de la mitad y llegando a ser estas inferiores al 20 % de sus pulsaciones normales al exponerse a los campos magnéticos generados con un amplio rango de frecuencias a partir de los 400 kHz.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de modificación del movimiento de medusas en medios marinos caracterizado por que comprende:

- una boya (1);
- una cadena (9) asociada por uno de sus extremos a la boya (1), mientras que en el extremo opuesto presenta un peso (2) para fijar el sistema en el medio marino;
- dos o más bobinas (4) dispuestas a lo largo de la cadena (9) que generan campos electromagnéticos, donde cada bobina (4) presenta un número de espiras de hilo de cobre de entre 80 y 120 espiras dispuestas en forma de solenoide o de toroide, y donde cada bobina presenta un diámetro de entre 25 y 35 mm, mientras que el hilo de cobre presenta un diámetro de entre 0,4 y 0,6 mm;

de forma que la boya (1) presenta:

- en su parte externa, un elemento de captación de energía, y
- en su interior, un componente de almacenamiento de energía basado en baterías (10), un convertidor de tensión continua (11), un microcontrolador (13) con una salida de, al menos, 3,3 V, un generador de señal senoidal (14) de alimentación de las bobinas (4) y un relé de control (12) encargado de activar/desactivar el generador de señal senoidal (14), de forma que - a partir de la energía proporcionada por el convertidor de tensión continua (11) - el generador de señal senoidal (14) genera una señal con un voltaje pico a pico ($V_{PP}$) de, al menos, 3,3 V; una frecuencia de funcionamiento comprendida entre 400 y 800 kHz y un *offset* de la señal de 0 V o un *offset* con una parte de señal positiva y otra parte de señal negativa, oscilantes en referencia a un punto medio de tensión;

donde la señal del generador de señal senoidal (14) alimenta las bobinas (4), generando campos electromagnéticos que alteran el comportamiento natural de medusas (5), dejándolas sin movimiento (6) cuando quedan expuestas a los mismos, de forma que las medusas (5) son alejadas de la cadena (9) por acción de las corrientes de los medios marinos, recuperando su comportamiento natural cuando quedan fuera del alcance de los campos electromagnéticos.

2. Sistema de modificación del movimiento de medusas en medios marinos, según reivindicación 1, caracterizado por que el elemento de captación de energía corresponde a un panel solar (3).

3. Sistema de modificación del movimiento de medusas en medios marinos, según reivindicación 1, caracterizado por que la boya (1) incluye un regulador de carga (15) que controla la carga de las baterías (10).

4. Sistema de modificación del movimiento de medusas en medios marinos, según reivindicación 1, caracterizado por que el convertidor de tensión continua (11) transforma hasta una tensión de salida entre 3,3 V y 5 V.

5. Sistema de modificación del movimiento de medusas en medios marinos, según reivindicación 1, caracterizada por que el microcontrolador (13) tiene una salida de 5 V.

6. Sistema de modificación del movimiento de medusas en medios marinos, según reivindicación 1, caracterizado por que el generador de señal senoidal (14) está formado por los siguientes bloques:

- Bloque 1: sistema de creación tierra virtual que comprende:
  - una fuente de alimentación simple de, al menos, 12 V;
  - un divisor de tensión formado por dos resistencias [(R1), (R2)] del mismo valor, creando una tierra virtual o punto medio a 6V y generando una señal que inicialmente oscila entre +6V y, al menos, +12V; y
  - un capacitor (C4) para desacoplar el punto medio creado con el divisor de tensión.
- Bloque 2: generador de onda mediante amplificador operacional en configuración de puente de Wien que limita la amplitud de la señal, de forma que el amplificador operacional comprende:

  - tres resistencias [(R1'), (R2'), ($R_{ajuste}$)]
  - dos condensadores [(C1), (C2)],
  - dos diodos [(D1), (D2)]

de forma que:

- los componentes (C1) y (R1') se conectan en serie entre la salida y la entrada no inversora (+), creando una rama de retroalimentación positiva;
- los componentes (C2) y (R2') están conectados en paralelo entre la entrada no inversora (+) y tierra (GND); de forma que (R1'), (R2'), (C1) y (C2) permiten la selección de la frecuencia de oscilación de las señales generadas;
- la resistencia de ajuste ($R_{ajuste}$) y los dos diodos [(D1), (D2)] están conectados en paralelo y en direcciones opuestas, creando una retroalimentación negativa para el control de ganancia y estabilización de la amplitud de la señal de salida;

- Bloque 3: sistema de ajuste del nivel de continua de la señal que comprende un condensador de acoplamiento (C3) que bloquea el componente de corriente continua y centra la señal en 0V, de manera que se alternen partes positivas y negativas.

7. Procedimiento de modificación del movimiento de medusas en medios marinos empleando el sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- disposición del sistema en el entorno marino seleccionado;
- captación de energía por el elemento de captación de energía y almacenamiento de la misma en el componente de almacenamiento;
- conversión en tensión continua por parte del convertidor de tensión continua y alimentación del microcontrolador y/o relé de control;
- activación por parte del relé de control del generador de señal senoidal, el cual genera una señal con un voltaje pico de, al menos, 3,3 V, generando cada bobina un campo electromagnético con una frecuencia entre 400 kHz y 800 kHz;
- afectación del campo electromagnético a las medusas presentes, disminuyendo sus pulsaciones respecto a las pulsaciones en ausencia de campo electromagnético;
- caída por gravedad de las medusas afectadas por los campos electromagnéticos;
- arrastre por parte de las corrientes marinas de las medusas hasta una zona fuera del alcance de los campos electromagnéticos; y
- recuperación de las pulsaciones en ausencia de campo electro por parte de las medusas.

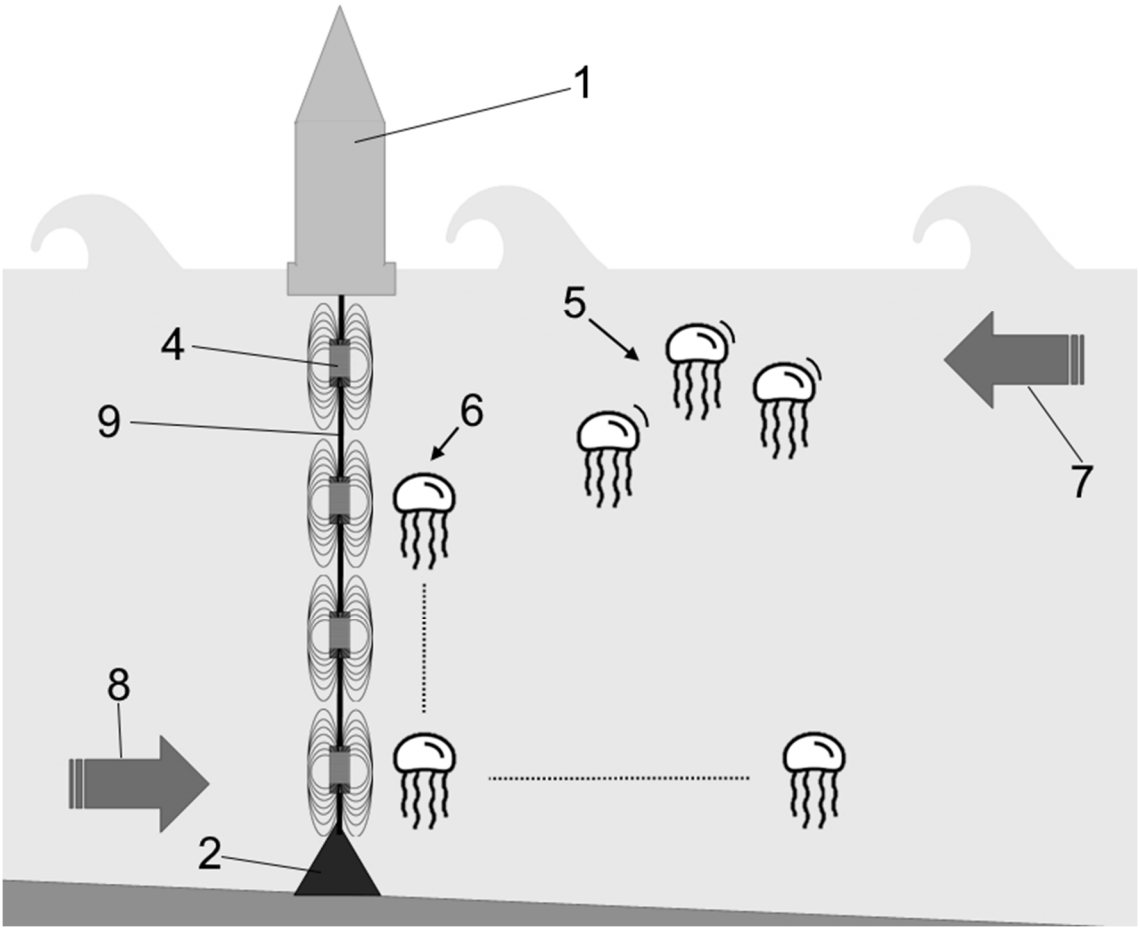



FIG. 1

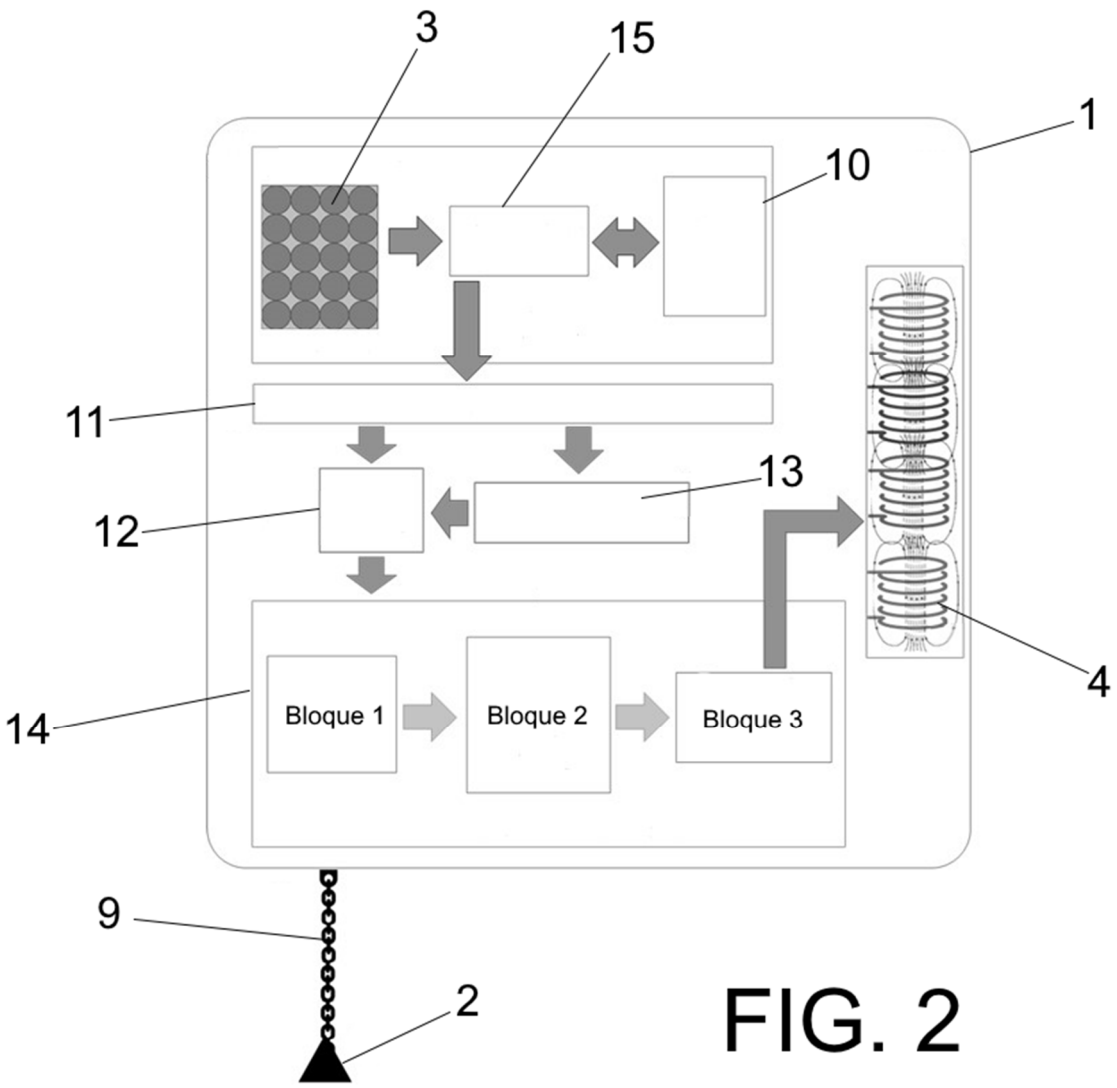



FIG. 2

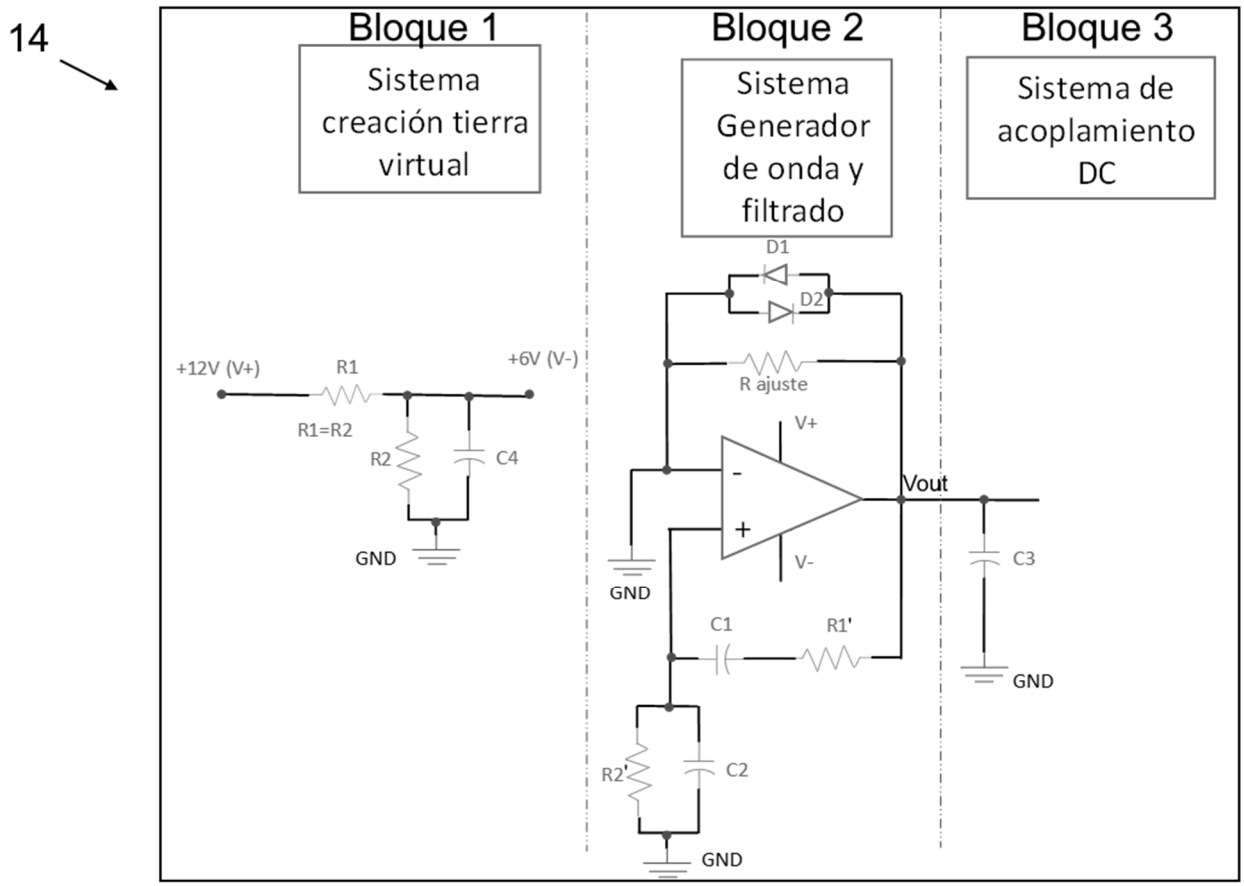

14
Bloque 1
Sistema creación tierra virtual
Bloque 2
Sistema Generador de onda y filtrado
Bloque 3
Sistema de acoplamiento DC
+12V (V+)
R1
+6V (V-)
R1=R2
R2
C4
GND
D1
D2
R ajuste
V+
-
+
V-
Vout
GND
C1
R1'
C3
GND
R2'
C2
GND

FIG. 3

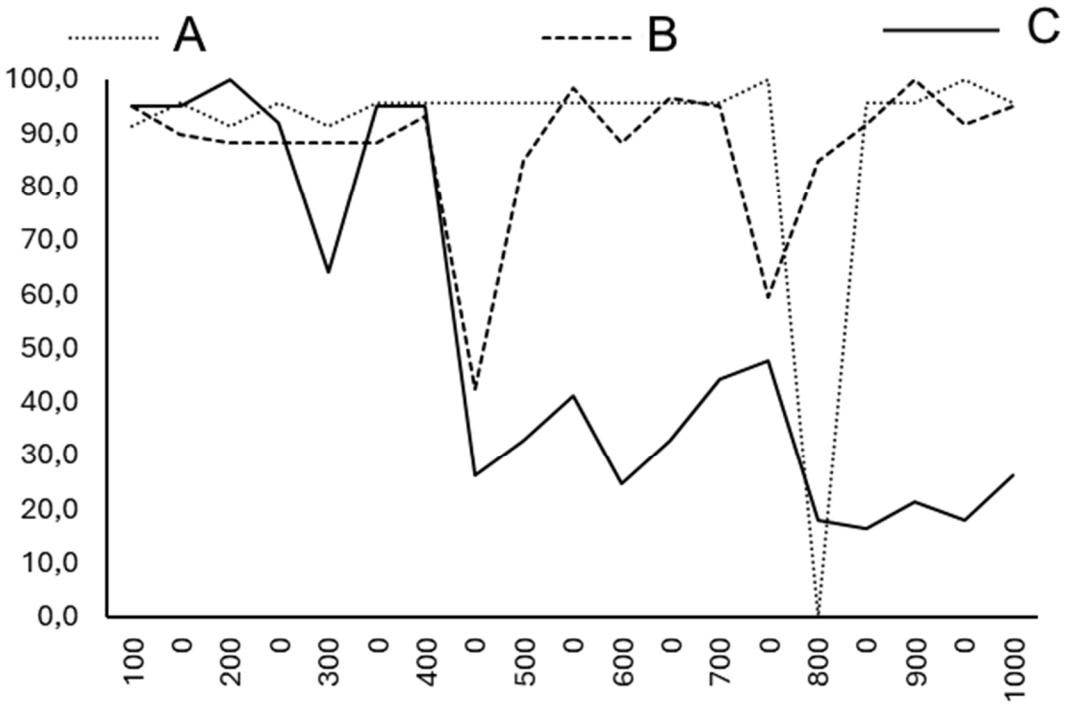

A
B
C
100,0
90,0
80,0
70,0
60,0
50,0
40,0
30,0
20,0
10,0
0,0
100
0
200
0
300
0
400
0
500
0
600
0
700
0
800
0
900
0
1000

FIG. 4

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 202530316

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 15.04.2025

(32) Fecha de prioridad:

# INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) Int. CI.: ***A01M29/24*** (2011.01)
***B63B22/00*** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | (56) Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|---|---|---|
| X | ALBERTO IVARS, FRANCISCO JAVIER DIAZ, LORENA PARRA, EVA S. FONFRÍA, CESAR BORDEHORE, SANDRA SENDRA, JAIME LLORET. Altering the Behaviour of the Catostylus mosaicus Jellyfish using Electromagnetic Fields. BIOTECHNO 2023. ISBN: 978-1-68558-058-2, 17/03/2023, Vol. BIOTECHNO 2023 [en línea][recuperado el 20/02/2026]. Recuperado de Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/ 378078583_Altering_the_Behaviour_of_the_Catostylus_mosaicus_Jellyfish_using_Electromagnetic_Fields>. Resumen, figura 1, Sección III.B, Sección Conclusiones, páginas 29 - 30; | 1-7 |
| X | WO 2015068873 A1 (NAT UNIV KUNSAN IACF) 14/05/2015, Resumen, figura 1. | 1-7 |
| A | WO 2017122838 A1 (NNF TECH INC) 20/07/2017, reivindicación 1, | 3 |
| A | ADEL S. SEDRA, KENNETH C. SMITH. Oxford University Press. ISBN 0-19-514252-7. MICROELECTRONIC CIRCUITS, 01/01/2004. página 1173, página 1215. | 6 |
| A | WO 2016072862 A1 (TX GUARDIAN AS) 12/05/2016, Resumen | |

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

| Fecha de realización del informe | Examinador | Página |
|---|---|---|
| 20.02.2026 | F. Armero Abad | 1/2 |

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

A01M, B63B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC