

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 662**

51 Int. Cl.:

**E02B 15/04** (2006.01)

**B01F 3/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2013 PCT/NO2013/050168**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14058324**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2013 E 13844664 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2906755**

54 Título: **Dispositivo y método de dispersión de petróleo sobre agua**

30 Prioridad:

**10.10.2012 NO 20121147**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**14.02.2018**

73 Titular/es:

**SINVENT AS (100.0%)  
7465 Trondheim, NO**

72 Inventor/es:

**SØRSTRØM, STEIN ERIK y  
NORDTUG, TROND**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 654 662 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo y método de dispersión de petróleo sobre agua

**5 Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un barco y a un método de dispersión de petróleo sobre agua.

Más en particular, la presente invención se refiere a la dispersión de petróleo sobre agua sin químicos.

10

**Estado de la técnica**

Los vertidos de petróleo relacionados con descargas de la industria petrolera, la industria naviera, etc. suponen un grave problema ambiental, que puede conllevar consecuencias catastróficas. Ejemplos recientes de vertidos de petróleo son la explosión del pozo de BP en el Golfo de México, y el vertido del barco Full City a las afueras de Langesund.

15

Las alternativas actualmente disponibles para el manejo de dichos vertidos, preferentemente en alta mar, son las siguientes: 1. recolección mecánica del petróleo sobre el agua, 2. combustión in situ del petróleo sobre el agua y 3. dispersión química del petróleo sobre el agua.

20

La elección entre estas tres técnicas se basa en parte en la legislación nacional y local, y en una serie de consideraciones prácticas, ambientales y legislativas para cada incidente individual de vertido. La selección de las contramedidas preferidas a menudo está dictaminada por lo que resulta factible y aceptable en las condiciones imperantes.

25

La dispersión química del petróleo sobre el agua es un método de control de vertidos de petróleo comúnmente utilizado. El método implica rociar "dispersante/s" sobre la mancha de petróleo que flota en la superficie, que, de este modo, se dispersa en gotas microscópicas (micrométricas). Estas gotas se distribuyen en la columna de agua, ya sea por medio de turbulencias naturales (olas y corriente) o haciendo uso del sistema de propulsión de un barco. Posteriormente, las corrientes y turbulencias naturales del agua ayudarán a diluir la mancha de petróleo, para que éste sea menos perjudicial o incluso inofensivo para el medioambiente. A este respecto, cabe señalar que, durante el vertido en el Golfo de México, se aplicaron varios miles de toneladas métricas de productos químicos a la mancha de petróleo y, en consecuencia, el uso de químicos durante la dispersión de petróleo sobre agua es controvertido, ya que la aplicación de productos químicos en las manchas de petróleo añade contaminantes adicionales al mar.

30

35

El uso de productos químicos está limitado por la disponibilidad de los productos químicos, la eficacia del producto químico, y la calidad real del petróleo, así como también por la tecnología disponible a aplicar. A pesar de estas consideraciones, la dispersión química es una técnica comúnmente utilizada y se considera la técnica dominante, y más importante, en relación con la mayoría de las catástrofes globales por vertido de petróleo.

40

Deben mencionarse las siguientes desventajas y limitaciones del uso de la dispersión química:

El dispersante contiene ingredientes que son perjudiciales para el medio ambiente. En una operación de contingencia se utilizan cantidades relativamente grandes de dispersante. Deberá transportarse el dispersante al sitio de aplicación, lo que, a menudo, es un factor limitante a la hora de llevar a cabo la operación.

45

Después de un tiempo en el agua, el petróleo cambia sus propiedades y como resultado ya no podrá dispersarse químicamente (se vuelve viscoso y absorbe agua, lo que reduce o elimina la posibilidad de dispersión química). La opinión pública (de varios grupos de interés) a menudo se opone al uso de productos químicos, por lo que el método resulta controvertido.

50

También debe tenerse en cuenta que existen métodos y disposiciones para minimizar el uso de dispersantes. En este sentido, se hace referencia a la publicación US 4228668 A, en la que se homogeneizan el petróleo y el agua mediante el uso de energía de ultrasonidos, para minimizar el uso de dispersantes. El petróleo se mezcla con la masa de agua y, de esta manera, se reducen significativamente los daños.

55

El documento GB 2038651 A da a conocer un método de dispersión de petróleo sobre agua, por medio de vibraciones por ultrasonidos. Se instalan varios aparatos generadores de vibraciones en un barco. También se sugiere el uso de los aparatos junto con un disolvente.

60

El documento FR 2694737 da a conocer un catamarán para limpiar agua, que incluye una rampa con boquillas ajustables. El objetivo principal del equipo es recoger desechos flotantes, utilizando un fluido en las boquillas que puede seleccionarse de entre agua, aire o un dispersante.

65

El documento US 3532622 A da a conocer y reivindica el uso de dispersantes químicos, para formar una dispersión

del petróleo en el agua. Las boquillas de pulverización están dispuestas a una distancia significativa de la superficie del agua, en la que va a tratarse el petróleo derramado. En lugar de bombas de abanico se utilizan boquillas de alta presión, para emulsionar el petróleo en pequeñas gotas, y la graduación del chorro directamente en proporción a la concentración de petróleo se logra mediante un movimiento angular oscilante de los chorros, lateral y constante.

5 El documento WO-A-81/02693 da a conocer un barco y un método de dispersión de petróleo sobre agua, que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1 y la reivindicación 14, respectivamente. En particular, se refiere a un método y un aparato para combatir la contaminación por petróleo en el agua, tal como una mancha de petróleo, pulverizando la región contaminada con una composición dispersora del petróleo desde una o más boquillas de doble cámara de turbulencia. Dicha boquilla tiene una cámara de turbulencia primaria, en la que se introduce de manera tangencial el líquido a pulverizar para que se arremoline en su interior. La cámara de turbulencia primaria termina en un orificio primario, que constituye la entrada a una cámara de turbulencia secundaria, en la que se ralentiza el movimiento de turbulencia de las gotas producidas en la cámara primaria y las gotas se aglomeran. Las gotas procedentes de las boquillas de doble cámara de turbulencia presentan un tamaño más grande, y una distribución más estrecha del tamaño, que las gotas procedentes de una boquilla convencional.

10 El rociado producido por las boquillas de doble cámara de turbulencia es menos susceptible a la deriva, y puede lograrse una cobertura más segura del área contaminada. El aparato puede montarse en un vehículo aéreo o en un vehículo acuático, tal como un remolcador, y, en este último caso, puede incluir una pluralidad de boquillas convencionales para pulverizar con agua la región contaminada ya rociada por la una o más boquillas de doble cámara de turbulencia, para agitar de este modo la región y mezclar el dispersante con el vertido contaminante.

### 20 **Objeto de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar una solución nueva y eficiente para manejar los vertidos de petróleo sobre el agua, preferentemente en alta mar.

25 Un segundo objeto es que la solución sea respetuosa con el medio ambiente y, por lo tanto, que no se descarguen en la masa de agua circundante sustancias nocivas para el medio ambiente, es decir, la presente solución no deberá tener productos químicos.

30 Un tercer objetivo es que la solución para manejar el vertido de petróleo sobre el agua, es decir las manchas de petróleo, sea sencilla y rentable. La disposición necesaria para manejar el vertido de petróleo deberá ser sencilla y barata de producir, y también deberá presentar bajos costos operativos durante el uso. El funcionamiento del dispositivo deberá ser sencillo y eficiente con respecto a la manipulación de grandes volúmenes de vertidos de petróleo.

35 Un cuarto objeto es que el dispositivo deberá tener una configuración flexible para que pueda utilizarse en muchos barcos diferentes, es decir, tanto en barcos de diseño especial como en barcos convencionales.

40 Los objetos de la presente invención se logran mediante un barco de dispersión de petróleo sobre agua, de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas del barco se exponen con más detalle en las reivindicaciones 2 a 13.

45 Los objetos de la presente invención se logran adicionalmente mediante un método de dispersión de petróleo sobre agua, de acuerdo con la reivindicación 14.

### 50 **Descripción de las figuras**

A continuación, se explicará una realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50 La Fig. 1 muestra esquemáticamente un dispositivo de dispersión de petróleo sobre agua, montado en una parte frontal de un barco.

La Fig. 2 muestra una vista más detallada del dispositivo de dispersión, durante el funcionamiento.

55 La Fig. 3 muestra el barco con el dispositivo en funcionamiento, para manejar un vertido de petróleo sobre agua,

La Fig. 4 muestra el barco con el dispositivo en una posición no operativa, en una configuración de transporte, por ejemplo,

La Fig. 5 muestra esquemáticamente pruebas iniciales en un tubo de plexiglás,

La Fig. 6 muestra la distribución del tamaño de las gotas en el experimento con tubo de plexiglás, antes, durante y después de un tratamiento de lavado a alta presión.

60 La Fig. 7 muestra una nube de gotas formada durante el tratamiento del petróleo, mediante un chorro de alta presión, en el experimento con tubo de plexiglás.

La Fig. 8 muestra esquemáticamente una canaleta en mesoescala, con datos de prueba indicados en el cuadrado,

La Fig. 9a muestra la configuración del experimento en la canaleta en mesoescala, en una vista lateral, con una aplicación desde una altura de 50 cm en un ángulo de 90 grados.

65 La Fig. 9b muestra una vista frontal de la Fig. 9a,

La Fig. 10a muestra la configuración del experimento en la canaleta en mesoescala, en una vista lateral, con una aplicación desde una altura de 25 cm en un ángulo de 45 grados.

La Fig. 10b muestra una vista frontal de la Fig. 10a,

5 La Fig. 11a muestra la configuración del experimento en la canaleta en mesoescala, en una vista lateral, con una aplicación desde el nivel de superficie (altura cero) en un ángulo de 90 grados,

La Fig. 11b muestra una vista frontal de la Fig. 11a, y

La Fig. 12 muestra la distribución del tamaño de las gotas, antes, durante y después de tratar el petróleo mediante boquillas posicionadas en la superficie del agua, en el tanque de pruebas de tipo canaleta.

10 **Descripción detallada de la invención**

Con referencia a los dibujos, se explicará una realización de la invención en forma de un dispositivo 1, y un método de dispersión de petróleo 20 sobre agua. El dispositivo 1 incluye una estructura 2 de plataforma, preferentemente para su montaje en la parte delantera de un barco 15. La estructura 2 de plataforma incluye adicionalmente una estructura transversal frontal 5. Preferentemente, la estructura transversal frontal 5 abarca todo el ancho del barco. La Fig. 3 muestra una realización de la estructura transversal frontal 5, que tiene una extensión que excede el ancho del barco, de manera que cubra un área más ancha que el barco. A este respecto, también cabe observar que, en otras realizaciones, la estructura transversal 5 puede tener una extensión menor que el ancho del barco. La estructura transversal 5 está provista adicionalmente de varias boquillas 7 para el lavado con agua 11 a alta presión, suministrada desde una instalación 10 de alta presión situada en el barco 15. En relación con esto debe observarse que el número de boquillas 7 puede variar, dependiendo de la configuración de la una o más boquillas y del área de aplicación, por ejemplo.

25 Preferentemente, la instalación 10 de alta presión utilizará agua de la masa de agua circundante, que puede ser agua de mar o agua dulce, dependiendo de la ubicación en la que opere el barco. La instalación 10 de alta presión utiliza adicionalmente un generador de presión, de modo que se suministre agua a presión ultra alta a las boquillas 7.

30 En el presente caso, la estructura 2 de plataforma se muestra montada de forma móvil en el barco, de modo que la distancia de las boquillas 7 con respecto a la superficie del agua sea ajustable. La dirección de las boquillas 7 y la presión del agua a alta presión también son ajustables, de modo que las gotas de petróleo dispersado obtenidas tengan un tamaño dentro de un intervalo micrométrico, preferente o óptimamente de 5-40 µm.

35 Cabe observar que la estructura de plataforma 5 también podría estar provista de disposiciones neumáticas y de ultrasonidos, que aumenten aún más la eficacia de la dispersión del petróleo.

40 Con referencia a la Fig. 1, la estructura 2 de plataforma está conectada adicionalmente a un tanque 35 de almacenamiento de aditivos. Como se muestra en la figura, los aditivos se transportan directamente desde el tanque 35 de almacenamiento dentro del agua 11 a alta presión para las boquillas 7. Sin embargo, debe observarse que los aditivos podrían transportarse directamente desde el tanque 35 de almacenamiento a unas boquillas para aditivos adecuadas, situadas en la estructura transversal frontal 5. También se contempla una combinación de suministro directo a las boquillas de los aditivos dentro del agua a alta presión, y del suministro a unas boquillas para aditivos separadas, situadas en la estructura transversal 5. Para lograr un impacto mecánico, las partículas deberán transportarse directamente a las boquillas desde un tanque de almacenamiento en el interior del flujo de agua. En principio, podrían pulverizarse otros aditivos desde unas boquillas separadas, sin contar con el agua 11 a alta presión para las boquillas 7. Los aditivos o materiales pueden ser partículas, bacterias, nutrientes, etc.

50 En caso de manipulación de un vertido de petróleo sobre agua el barco estará preparado para su funcionamiento, dado que la estructura 2 de plataforma y las boquillas 7, así como la presión del agua a alta presión, están ajustadas, reguladas y optimizadas para obtener gotas del petróleo dispersado con el tamaño micrométrico deseado.

55 La Fig. 3 muestra el barco 15 con el dispositivo 1, durante la operación de dispersión del petróleo 20 sobre agua (una mancha de petróleo). Por medio del dispositivo 1, el petróleo se dispersa en gotas de petróleo dentro de un intervalo micrométrico, en la parte delantera del barco. Las gotas de petróleo se mezclarán adicionalmente con la masa de agua debido al movimiento de avance del barco. El resultado es que la mancha de petróleo se descompone en gotas de tamaño micrométrico, tras lo cual las corrientes y turbulencia naturales de la masa de agua ayudarán a diluir la nube de petróleo, para que sea menos perjudicial o incluso inofensiva para el medioambiente.

60 La Fig. 4 muestra el barco 15 con el dispositivo 1 en una configuración no operativa, durante el transporte al sitio de operación o a la orilla, por ejemplo.

65 Cabe observar que el principio por el que se utiliza agua a alta presión para dispersar el petróleo es novedoso, y que conlleva a un efecto sorprendente, en el sentido de que una mancha de petróleo se descompone en gotas micrométricas sin utilizar dispersantes químicos.

Por lo tanto, la dispersión del petróleo sobre agua utilizando un dispositivo de acuerdo con la presente invención es

muy eficiente, y puede reemplazar en gran parte los medios de dispersión química actuales.

Convencionalmente, el tratamiento de los vertidos de petróleo sobre agua se ha llevado a cabo mediante dispersión química. La formación de gotas menores de 70 micras ha supuesto el criterio para un tratamiento por dispersión exitoso. En relación con la presente solicitud, se han llevado a cabo pruebas exhaustivas con el fin de determinar si el tratamiento del petróleo, situado en la superficie, por medio de pulverización a alta presión puede producir de manera eficiente gotas que cumplan el criterio anterior. La prueba se llevó a cabo en una canaleta en mesoescala, perteneciente a Sintef.

El petróleo se trató utilizando diferentes técnicas:

- Descargar sobre el petróleo desde una altura situada por encima del agua, en un ángulo de 90 grados.
- Descargar sobre el petróleo desde una altura situada por encima del agua, en un ángulo de 45 grados.
- Descargar directamente en el agua, en la superficie del agua.

La última prueba dio el mejor resultado medible. Se formaron gotas que tenían un diámetro promedio de 20 micras, y solo se observaron pequeñas cantidades de petróleo que pasaron por el sistema y quedaron sin tratar. Las dos pruebas que implicaron la aplicación del tratamiento desde una altura por encima del agua no produjeron resultados mensurables. Además, la presión utilizada en estas pruebas estuvo limitada por las insuficientes dimensiones del tanque de prueba particular utilizado.

Convencionalmente se han utilizado dispersantes en incidentes (catástrofes) de vertidos de petróleo, con el fin de mejorar la descomposición del petróleo en pequeñas gotas. Las gotas más pequeñas ayudarán a eliminar la espesa mancha de petróleo, diluyéndola y dispersándola. La experiencia derivada de las pruebas de campo indica que el manejo mecánico del petróleo puede proporcionar un corte suficiente del petróleo, como para dispersarlo de la superficie del mar.

El uso de la dispersión química del petróleo sobre el agua está restringido por las regulaciones locales, la disponibilidad de productos químicos, la eficacia de los productos químicos para el grado de petróleo en cuestión, así como por la tecnología de aplicación disponible. La presente metodología proporciona una solución sin químicos para dispersar el petróleo sobre el agua, mediante el uso de una solución de chorros de agua a presión ultra alta que puede aplicarse en vertidos pequeños, medianos y grandes de petróleo y de productos químicos. En la actualidad, el uso de agentes dispersantes químicos es una de las principales contramedidas para los vertidos de petróleo. Hoy en día, no existe ningún método no químico que sea aplicable a la dispersión del petróleo sobre el agua.

Algunos hechos importantes con respecto al uso de agentes dispersantes químicos;

- El uso de la dispersión química de petróleo y agua es controvertido.
- El uso de productos químicos está limitado por su disponibilidad.
- En una operación de emergencia por vertido de petróleo pueden llegar a aplicarse grandes cantidades de dispersante.
- El costo del dispersante químico es otro problema, con un costo por litro de más de 3,10 €.
- Durante el accidente en el Golfo de México, se aplicaron aproximadamente 7000 toneladas métricas de sustancias químicas en la mancha de petróleo.
- La eficacia de los productos químicos según la calidad del petróleo en cuestión, así como la tecnología de aplicación disponible, es un factor limitante.

Se llevó a cabo un proyecto piloto, con el objetivo de probar el concepto y documentar la viabilidad del concepto. El presente concepto se ha desarrollado posteriormente a dos proyectos anteriores para la industria petrolera y para el Consejo de Investigación de Noruega.

Se ha llevado a cabo una investigación limitada para evaluar la factibilidad del uso de boquillas de alta presión como medio de dispersión del petróleo de la superficie del mar. Las pruebas iniciales se efectuaron en un pequeño tanque de plexiglás, para documentar la capacidad de las boquillas para producir gotas del tamaño deseado. Se llevó a cabo una serie de pruebas a gran escala, con el fin de estudiar la eficacia de diferentes técnicas de tratamiento del petróleo que conllevan la descarga a alta presión.

En todas las pruebas, la distribución del tamaño de las gotas se controló utilizando un instrumento LISST 100X (Sequoia Scientific). El instrumento utiliza difracción láser para determinar la distribución del tamaño. Los tamaños de las gotas se clasifican como concentraciones dentro de 32 contenedores con un tamaño que va desde 2,5 a 500 micrones.

El petróleo utilizado es petróleo asfáltico del mar del norte, ligeramente evaporado.

La descarga se llevó a cabo mediante boquillas de lavado (Washjet HSS 1/4MEG 2506, de Spraying Systems Company), que crearon un chorro de lavado en forma de abanico con un ángulo de 29 grados. El agua presurizada

se suministró mediante una limpiadora de alta presión Kärcher HD 10/25. La presión se controló mediante una válvula de aguja, y se midió con un manómetro situado justo antes de la una o más boquillas.

La prueba inicial se llevó a cabo en un pequeño tanque de plexiglás (diámetro = 40 cm, altura = 100 cm), para documentar la capacidad de las boquillas para producir gotas del tamaño deseado. Se contuvo una capa de petróleo de 1 mm dentro de un tubo de plexiglás, que tenía un diámetro de 10 cm. La descarga se llevó a cabo mediante una boquilla, aproximadamente a 15 bares en el interior del tubo. Las pequeñas gotas formadas escaparon por debajo del tubo y al interior del tanque de prueba. El sistema de medición LISST 100X se colocó justo debajo del tubo, para documentar la distribución del tamaño de las gotas formadas. A este respecto, se hace referencia a la Fig. 5.

A pesar de que el petróleo estaba confinado dentro del tubo de plexiglás, se empujó el petróleo alrededor de la superficie mediante el tratamiento de descarga. Esto dificultó la dispersión cuantitativa del petróleo, y la mayor parte del petróleo permaneció sobre la superficie tras la prueba. Se formaron suficientes gotas como para documentar que la energía del sistema era suficiente para producir tamaños de gota que cumplen la definición de petróleo dispersado (aproximadamente 70 micras). La distribución resultante de tamaños de gota se muestra en la Fig. 6.

El resultado muestra una distribución binomial de las gotas durante el tratamiento de descarga. Las gotas grandes, con un valor máximo por encima del límite de detección del instrumento (> 500 micras), son muy probablemente una combinación de burbujas de aire atrapado y de gotas de petróleo que no se han procesado de manera efectiva durante el tratamiento de descarga a alta presión. A medida que se inicia la descarga, las gotas más grandes se precipitan y dejan sólo la más pequeña de las dos distribuciones en la columna de agua. Las gotas que quedan en el agua tras el tratamiento presentan una distribución ancha del tamaño de gota, con un valor máximo de aproximadamente 75 micras. Se evaluó visualmente la distribución documentada, determinándose que era petróleo dispersado, véase la Fig. 7.

Se llevaron a cabo tres pruebas más extensivas, para estudiar la eficacia de diferentes técnicas de tratamiento del petróleo.

- 1) Aplicación desde una altura de 50 cm, en un ángulo de 90 grados
- 2) Aplicación desde una altura de 25 cm, en un ángulo de 45 grados
- 3) Aplicación al nivel superficial del agua, en un ángulo de 90 grados

Todas las pruebas se llevaron a cabo en una canaleta en mesoescala, de Sintef. En la Fig. 8 se muestra un dibujo esquemático de la canaleta.

El depósito de la canaleta tiene un ancho de 0,5 metros y una profundidad de 1 metro, y la longitud total de la canaleta es de aproximadamente 10 metros. El volumen total del tanque es de 4,8 metros cúbicos de agua de mar. Dos ventiladores, dispuestos en un túnel de viento cubierto, controlan la velocidad del viento. Se utiliza un generador de olas, para generar olas con una entrada de energía de olas controlada. Las pruebas se llevaron a cabo frente al generador de olas, y las medidas de los tamaños de gota se tomaron justo dentro del primer tanque del tanque de prueba. En la figura, la zona de prueba está indicada por el cuadrado.

Se instalaron dos boquillas de descarga, una al lado de la otra, a una distancia de 50 cm por encima de la superficie del agua contenida en el tanque de prueba. A esta altura, las boquillas produjeron una línea de descarga continua a todo lo ancho del tanque. A continuación, se describen los tres experimentos por separado.

#### Aplicación desde una altura de 50 cm, con un ángulo de 90 grados

Se colocó el par de boquillas a 50 cm por encima del nivel del agua, y se operaron perpendicularmente al eje. Se suministró agua a una presión de hasta 20 bares. A este respecto, se hace referencia a las Figs. 9a y 9b.

Cierta cantidad de aire quedó atrapada en el agua cuando el chorro golpeó la superficie. El propio chorro transportó una corriente superficial y, como resultado, volvieron a salir a la superficie las burbujas de aire. La corriente generada era más fuerte que las corrientes inducidas por viento/olas en el tanque de prueba, y el petróleo no pudo pasar pasivamente a través del chorro de agua. Se hicieron intentos de capturar el petróleo entre las dos barreras, y de desplazar las boquillas a través del vertido de petróleo. Este enfoque resultó más exitoso, pero parte del petróleo se vio empujado por la corriente superficial inducida. Debido a la elevada energía en el agua circundante al chorro, también se mezclaron grandes gotas con el agua, pero se vieron inmediatamente transportadas a la superficie al salir del área turbulenta durante la descarga. Cuando se forma una alta concentración de gotas pequeñas, se da por supuesta la aparición de una nube de color marrón claro en el agua. En este experimento no pudo observarse visualmente la formación de gotas. El dispositivo LISST 100X no pudo detectar concentraciones elevadas de gotas, discernibles del ruido de fondo en el tanque de prueba.

#### Aplicación desde una altura de 25 cm, con un ángulo de 45 grados

Se colocó el par de boquillas a 25 cm por encima del nivel del agua y se operaron con un ángulo de 45 grados con

respecto a la superficie. A la mitad del ángulo y la mitad de la altura, la descarga seguía produciendo una línea de descarga continua que abarcaba el ancho del tanque de prueba. Se cambió el ángulo para abordar el problema de las contracorrientes. El chorro trabajó más en la dirección de las corrientes inducidas por viento/olas, y las burbujas de aire aparecieron en la superficie más lejos del chorro. Además, con el ángulo de 45 grados, se observó que el tratamiento (chorros) de descarga “rebotaba” en la superficie, en lugar de penetrar en la misma. Esto significa que parte de la energía se convirtió en un movimiento horizontal y ascendente. La presión de descarga se limitó a 16 bar, para reducir la cantidad de agua descargada que regresaba al aire. A este respecto, se hace referencia a la Fig. 10a y a la Fig. 10b.

Aún se formó cierta turbulencia frente al chorro de agua. Mientras no se aplicó la acción del viento o de olas, esta turbulencia impidió el paso del petróleo. A medida que se encendieron los generadores de viento y de olas, el petróleo se movió lentamente hacia el interior del chorro. Parte del petróleo se convirtió inmediatamente en una nube marrón, cuando pasó a través del chorro. Sin embargo, la mayor parte del petróleo pasó por el chorro en forma de puntos de petróleo en la superficie, o en forma de gotas grandes. El dispositivo LISST 100X no pudo detectar concentraciones elevadas de gotas, discernibles del ruido de fondo en el tanque de prueba.

#### Aplicación en el nivel de la superficie del agua, con un ángulo de 90 grados

Para minimizar la suspensión de aire y maximizar la energía transferida al agua, se colocó el sistema en la superficie del agua para descargar en el agua con un ángulo de 90 grados. La altura reducida también permitió utilizar una presión más alta, por lo que se operó el sistema a 35 bares. A este respecto, se hace referencia a la Fig.11a y a la Fig.11 b.

El sistema de boquillas se dispuso en la superficie del agua y, por lo tanto, el propio sistema de aplicación evitó el flujo de petróleo. En consecuencia, el petróleo se concentró aguas arriba de las boquillas. Después de activar la descarga a alta presión, partes de los puntos se vieron arrastradas hacia los dos chorros. Se observó que sólo pequeñas cantidades de petróleo pasaron por el sistema sin quedar “tratadas” por el chorro de alta presión. Cuando el petróleo entró en el sistema pudo observarse inmediatamente la formación de nubes marrones claras. Esta observación también podría documentarse mediante mediciones con el dispositivo LISST 100X, véase la Fig. 12.

Durante el tratamiento con descarga de alta presión, la distribución de los tamaños de gota presenta un pico por encima del límite de detección del dispositivo LISST 100X. Se supuso que esto se debe principalmente a las burbujas de aire atrapadas en el agua. Después de detener la descarga, las gotas grandes se precipitaron y en el agua quedó una distribución con un diámetro máximo de 20 micras.

El dispositivo LISST 100X no distingue entre las gotas de petróleo y las burbujas de agua. Por lo tanto, se obtuvo una muestra de agua tras el tratamiento por descarga, para documentar que las concentraciones medidas eran realmente de petróleo. Se extrajeron y se analizaron muestras para determinar el petróleo total, en un espectrómetro. La concentración fue de 38 ppm. La concentración neta medida por el dispositivo LISST 100X fue de 29 ppm (suma de la concentración dentro de todos los contenedores de tamaño reportados). Esto indica que la mayoría de las gotas registradas por el dispositivo LISST son gotas de petróleo.

Se probó un número limitado de métodos de tratamiento del petróleo superficial, por medio de descarga a alta presión, en el tanque de pruebas de tipo canal.

La descarga directa en el agua a una presión de 35 bares produjo el mejor efecto documentado. Se observó que solo una pequeña cantidad de petróleo pasaba por el sistema sin quedar tratada por el chorro. Se midieron las gotas formadas tras el tratamiento por descarga, presentando una distribución de volumen medio de 20 micras. Como se mencionó anteriormente, un criterio que utiliza habitualmente para determinar el éxito de una operación de dispersión (tratamiento con productos químicos) es la formación de gotas que tengan un diámetro promedio inferior a 70 micras.

La descarga desde una distancia por encima de la superficie del agua dio como resultado la suspensión en el agua de una cantidad de burbujas de aire. Las burbujas de aire que regresaron a la superficie, junto con la energía de la descarga, indujeron una corriente de escape que empujaba el petróleo lejos de la línea de descarga. Este problema se solucionó parcialmente al aplicar el tratamiento de descarga con un ángulo. La aplicación en ángulo facilitó que el petróleo entrara en la línea de descarga. Sin embargo, el ángulo de 45 grados hizo que el tratamiento de descarga “rebotara” en la superficie del agua, y se perdiera parte de la fuerza de accionamiento descendente del chorro. Las dimensiones de la canaleta en mesoescala resultaron ser insuficientes para este tipo de pruebas. Ambas pruebas que involucraban la aplicación desde una altura tuvieron que llevarse a cabo a una presión limitada, para evitar dañar el equipo en el tanque de prueba.

De los experimentos se deducen las siguientes conclusiones principales;

- Es posible dispersar eficientemente petróleo utilizando un sistema de chorros de agua a alta presión.
- La configuración final del sistema puede desarrollarse adicionalmente.

## ES 2 654 662 T3

- Es necesario estudiar el impacto de los diferentes tipos de petróleo y las condiciones climáticas, pero se asume que tales factores serán menos importantes en este caso que al utilizar la técnica alternativa, que utiliza dispersantes químicos.
- El sistema puede incorporarse en diferentes sistemas de control de vertidos de petróleo (a pequeña/gran escala, barcos pequeños/grandes).

Basándose en los estudios realizados hemos observado que los requisitos previos para el funcionamiento adecuado de los sistemas de chorros de agua a alta presión, sin productos químicos, son los siguientes;

- 1) Es necesario que el sistema suministre un chorro de agua a presión ultra alta, preferentemente por encima de 30-40 bares por boquilla. Esto supone requisitos estrictos para el sistema de suministro de agua a alta presión, así como para el diseño de las boquillas, y para la configuración interna de las boquillas individuales.
- 2) Es necesario concentrar el flujo de agua de cada boquilla, para reducir la cantidad de aire arrastrado hacia abajo junto con el chorro de agua.
- 3) Es necesario que la salida de la boquilla esté ubicada cerca de la superficie del agua. Sería deseable entre 0 y 20 cm, pero puede aumentarse la distancia si se aumenta la presión del agua y/o se aumenta la concentración de los chorros de agua (flujos estrechos). Cuanto más cerca de la superficie esté el flujo de agua, más ancho puede ser el mismo, y se ha observado que es posible ajustar la combinación de la distancia de la superficie y el ancho del flujo de agua (chorro).
- 4) Para poder cubrir una gran superficie, la boquilla deberá colocarse en un soporte que permita cubrir cierta anchura de agua, a medida que el barco que transporta el sistema se desplaza a través de la mancha de petróleo sobre la superficie.



**REIVINDICACIONES**

1. Un barco (15) para dispersar petróleo (20) sobre el agua, que comprende:
  - 5 una estructura (2) de plataforma montada sobre el barco (15), preferentemente en una parte delantera del mismo, incluyendo la estructura (2) de plataforma una estructura transversal frontal (5) provista de boquillas (7), para descargar agua (11) a alta presión suministrada desde una instalación (10) de alta presión ubicada en el barco (15),  
**caracterizado por que** pueden ajustarse la dirección y la distancia de las boquillas (7) con respecto a la superficie del agua, así como la presión del agua (11) a alta presión, el número de boquillas (7) se elige de manera que se utilice un gran número de boquillas de alta presión y chorro estrecho para mayores distancias, con respecto a la superficie del agua, y se utilice un menor número de boquillas de chorro ancho para distancias más pequeñas, con respecto a la superficie del agua, de modo que se obtengan gotas de petróleo dispersado dentro de un intervalo micrométrico, y que las gotas de petróleo se mezclen con una masa de agua debido al movimiento hacia delante del barco (15).
  2. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la estructura (5) de plataforma está provista adicionalmente de disposiciones neumáticas y de ultrasonidos.
  - 20 3. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la descarga se lleva a cabo a una presión preferida de 35 bares por boquilla (7).
  - 25 4. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la instalación (10) de alta presión utiliza agua de una masa de agua circundante.
  5. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la masa de agua es agua de mar.
  - 30 6. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la masa de agua es agua dulce.
  7. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la instalación (10) de alta presión utiliza un generador de presión, de modo que el agua se proporcione a presión ultra alta a la al menos una boquilla (7).
  - 35 8. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la estructura (2) de plataforma está montada de manera rígida, con posiciones fijas con relación al barco.
  - 40 9. El barco (15) de la reivindicación 1,  
**caracterizado por que** la estructura (2) de plataforma está montada de forma móvil en el barco (15).
  - 45 10. El barco (15) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
**caracterizado por que** la estructura (2) de plataforma está conectada adicionalmente a un tanque (35) de almacenamiento de aditivos.
  11. El barco (15) de la reivindicación 10,  
**caracterizado por que** los aditivos se proporcionan directamente desde el tanque (35) de almacenamiento, dentro del agua a alta presión (11) para la unas o más boquillas (7).
  - 50 12. El barco (15) de la reivindicación 10,  
**caracterizado por que** los aditivos se proporcionan directamente desde el tanque de almacenamiento (35) a unas boquillas para aditivos separadas, situadas en la estructura transversal frontal (5).
  - 55 13. El barco (15) de las reivindicaciones 10, 11 o 12,  
**caracterizado por que** los aditivos son al menos uno de los siguientes: partículas, bacterias, nutrientes, y productos químicos.
  - 60 14. Un método de dispersión de petróleo (20) sobre agua, que comprende:
    - una estructura (2) de plataforma montada preferentemente en la parte delantera de un barco (15), incluyendo la estructura (2) de plataforma una estructura transversal frontal (5) provista de boquillas (7), para descargar agua (11) a alta presión suministrada desde una instalación (10) de alta presión ubicada en el barco (15),  
**caracterizado por que** pueden ajustarse la dirección y la distancia de las boquillas (7) con respecto a la superficie del agua, así como la presión del agua (11) a alta presión, el número de boquillas (7) se elige de

manera que se utilice un gran número boquillas de alta presión y chorro estrecho para mayores distancias, con respecto a la superficie del agua, y se utilice un menor número de boquillas de chorro ancho para distancias más pequeñas, con respecto a la superficie del agua, de modo que se obtengan gotas de petróleo dispersado dentro de un intervalo micrométrico, y que las gotas de petróleo se mezclen con una masa de agua debido al movimiento hacia delante del barco (15).

5

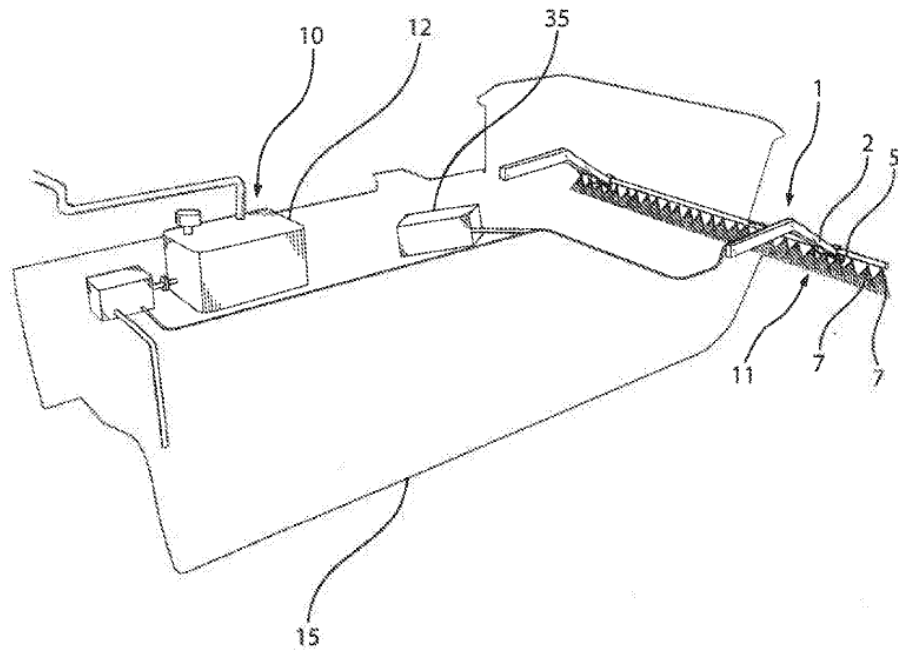


FIG. 1

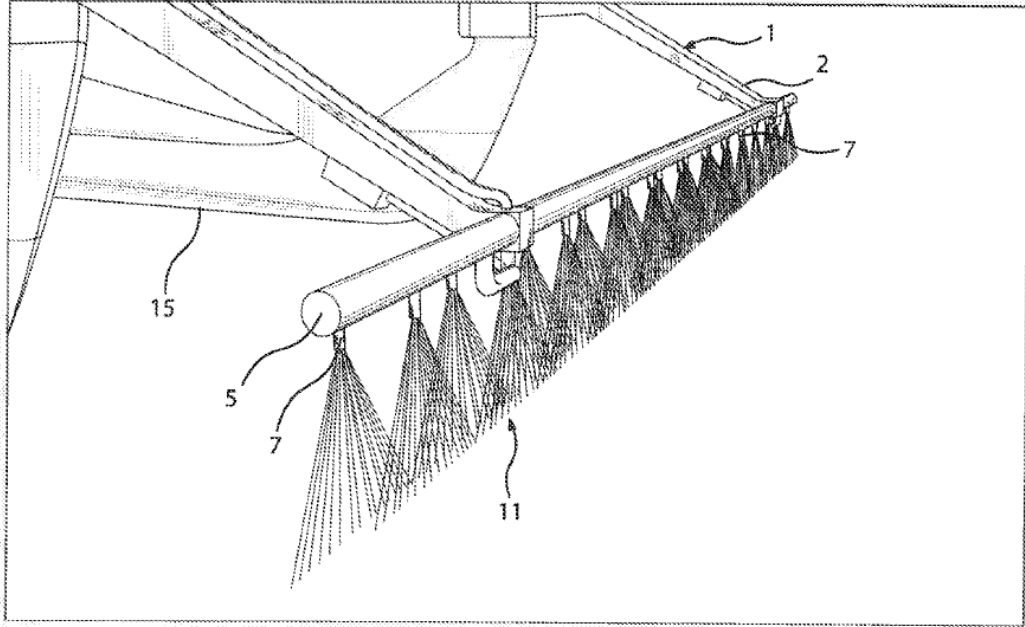


FIG. 2

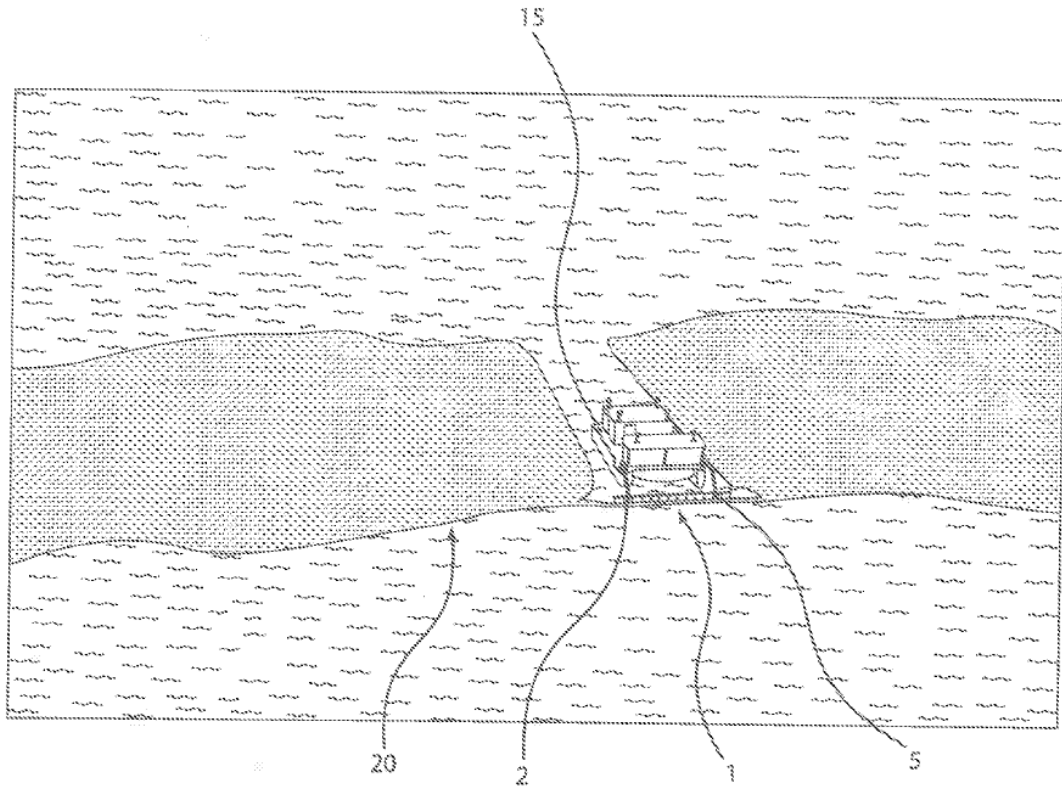


FIG. 3

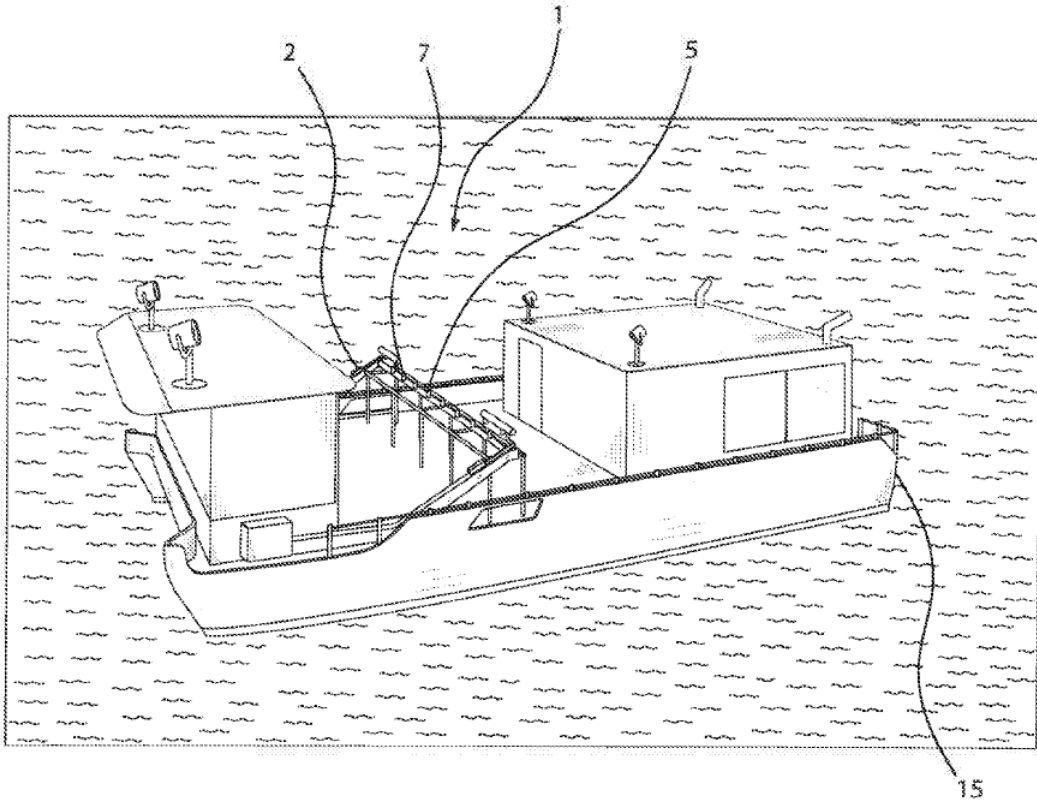


FIG. 4

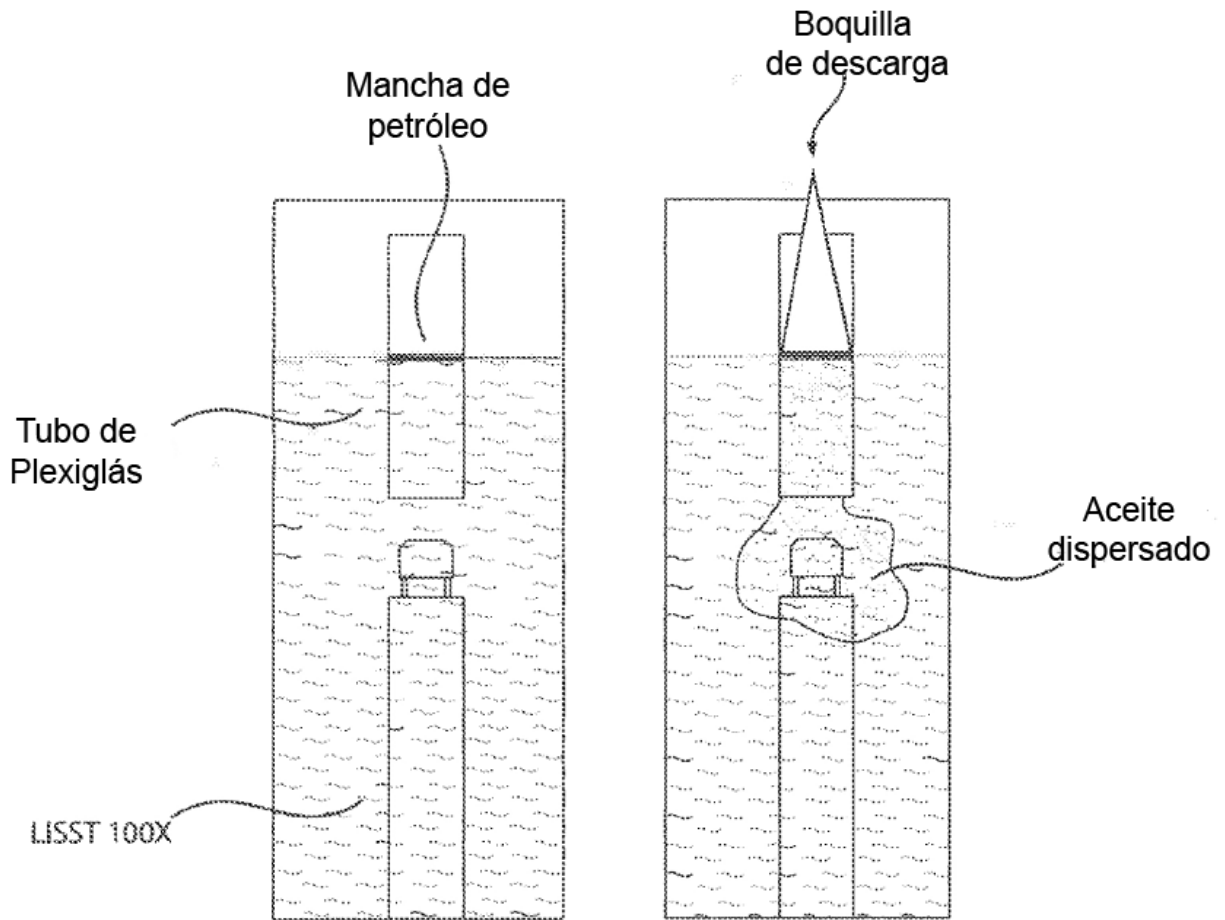


FIG. 5

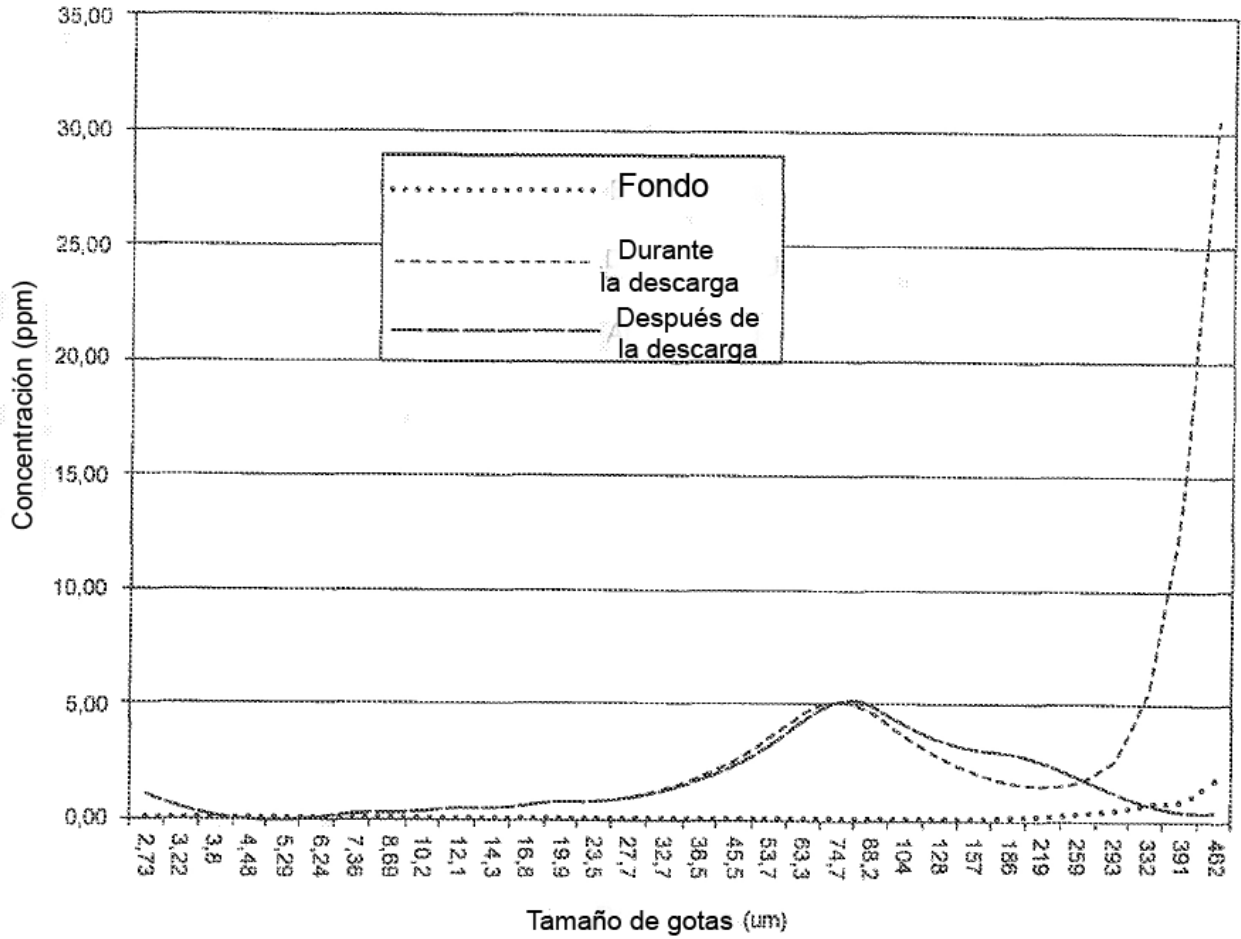


FIG. 6



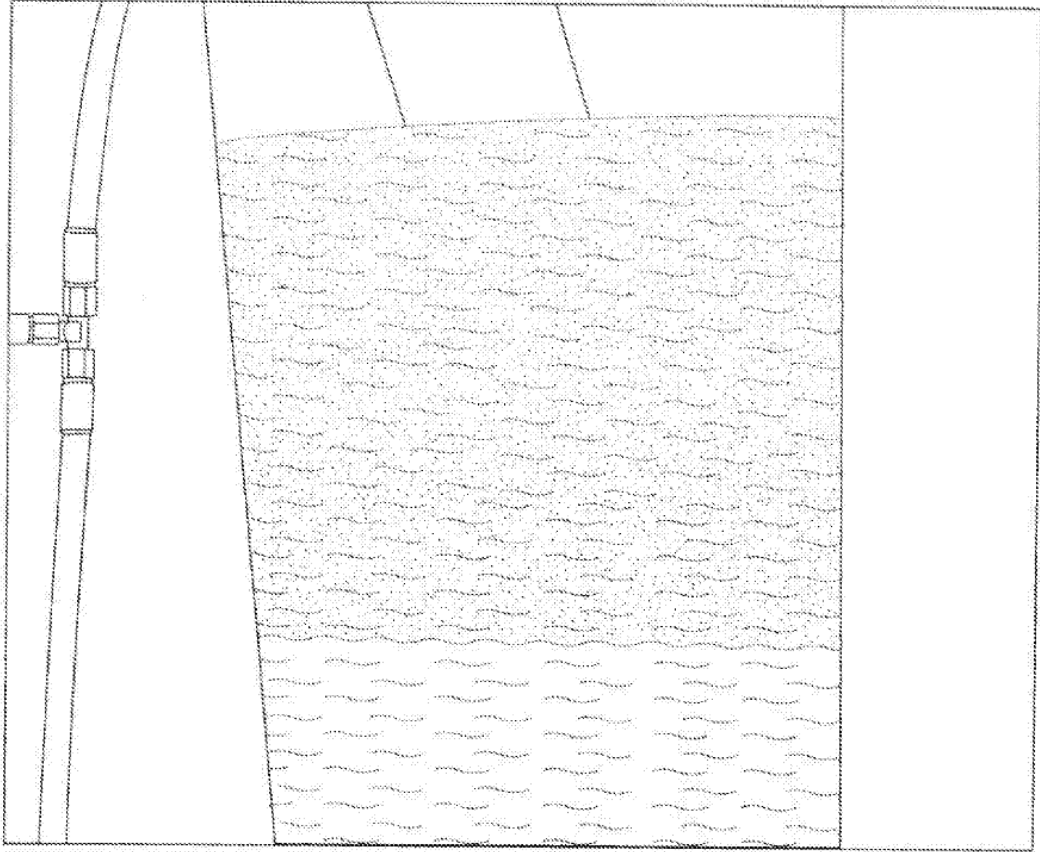


FIG. 7

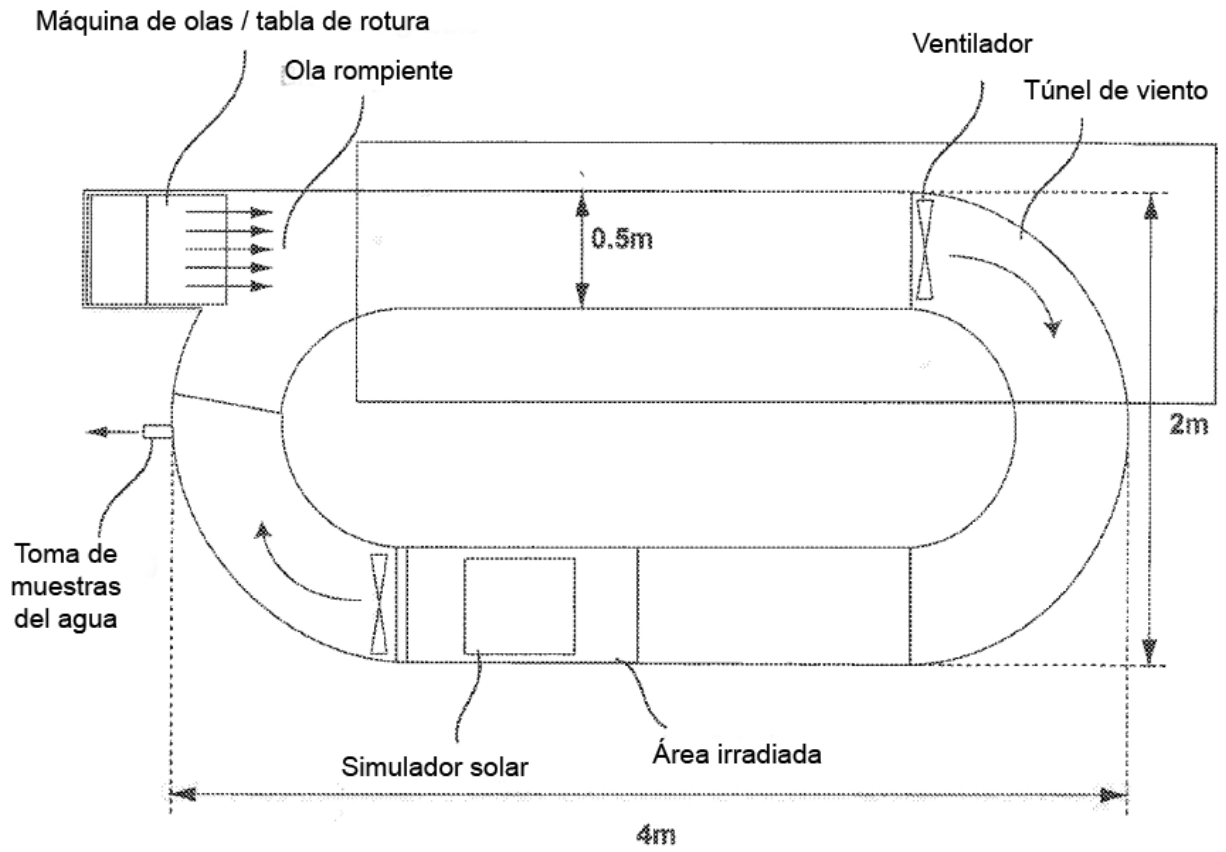


FIG. 8

Vista lateral

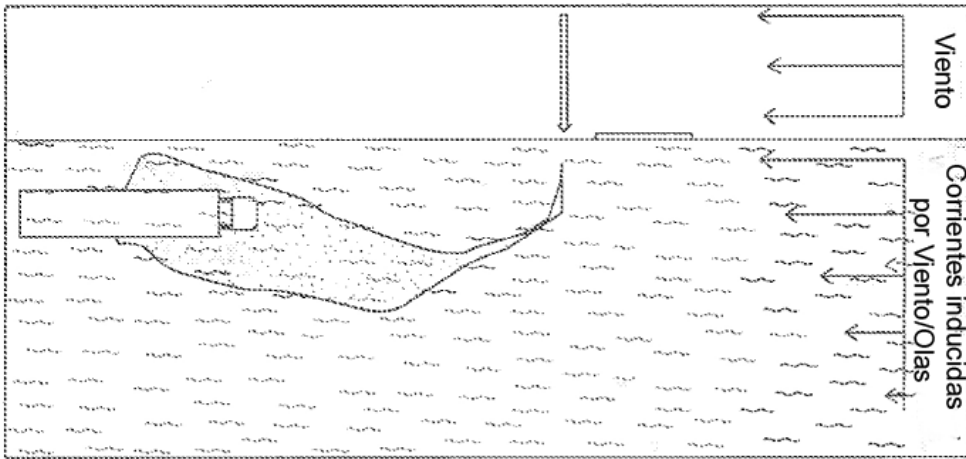


FIG. 9a

Vista frontal

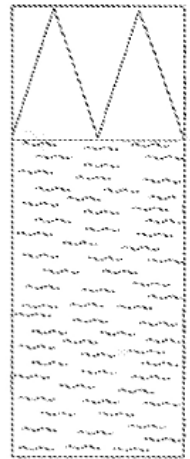


FIG. 9b

Vista lateral

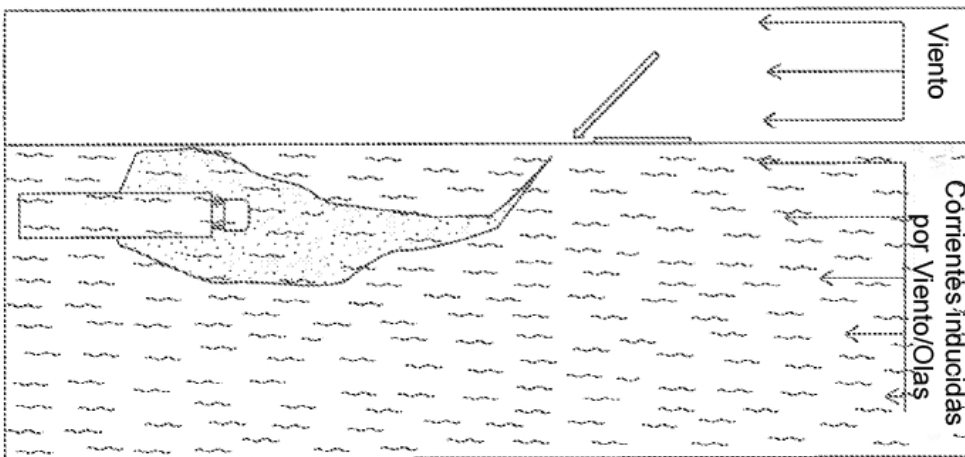


FIG. 10a

Vista frontal

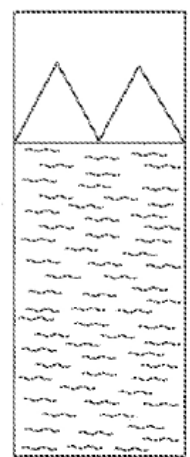


FIG. 10b

Vista lateral

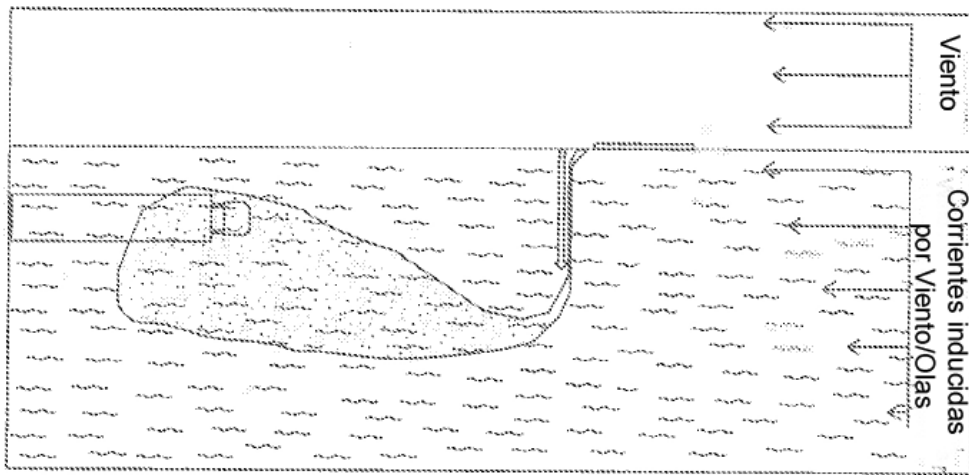


FIG. 11a

Vista frontal

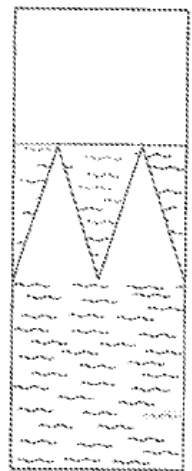


FIG. 11b

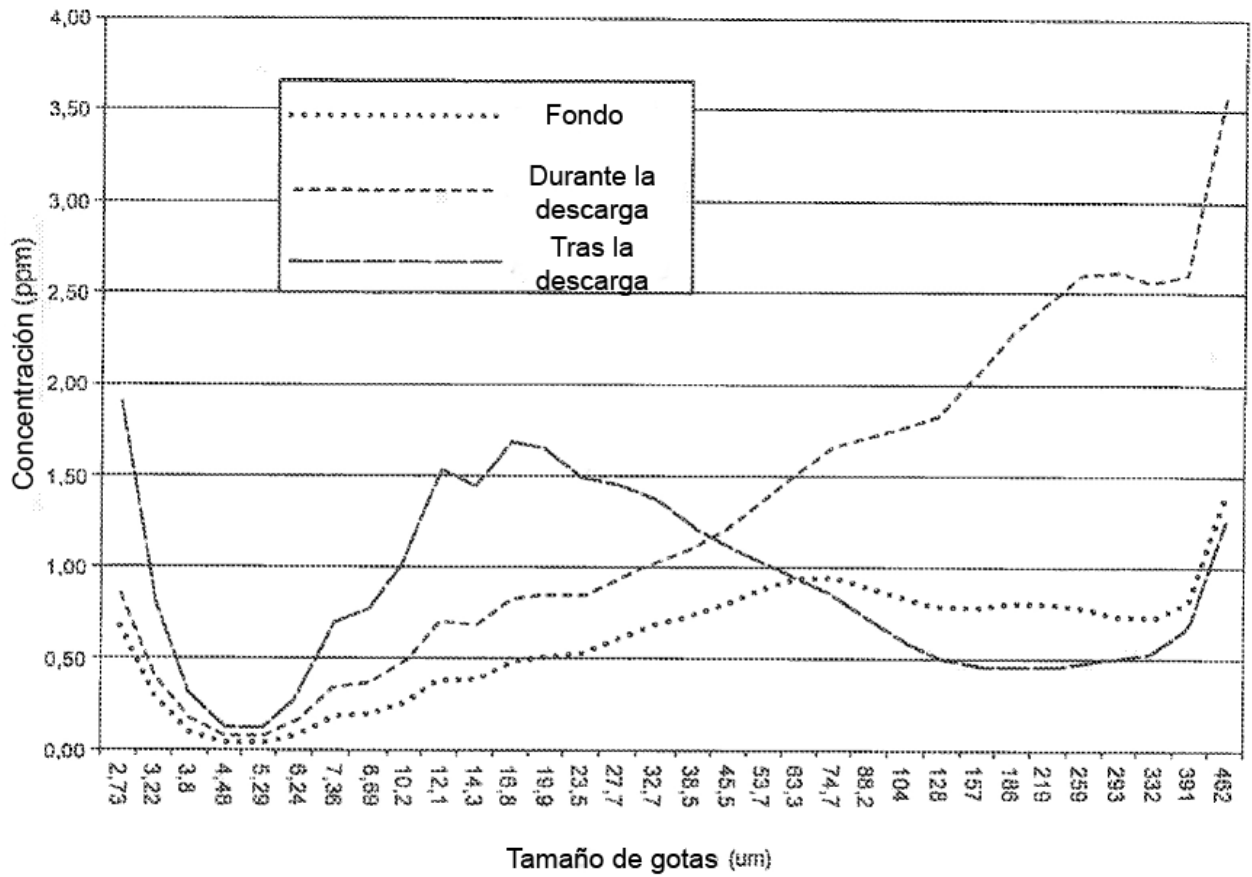


FIG. 12