



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 307 742**

51 Int. Cl.:  
**B63B 35/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02719430 .7**

96 Fecha de presentación : **05.04.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1377498**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.01.2004**

54 Título: **Embarcación marina flexible para contener fluidos.**

30 Prioridad: **11.04.2001 US 832739**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.12.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.12.2008**

73 Titular/es: **ALBANY INTERNATIONAL Corp.**  
**1373 Broadway**  
**Albany, New York 12204, US**

72 Inventor/es: **Eagles, Dana;**  
**Toney, Crayton, Gregory;**  
**Tupil, Srinath;**  
**Lawton, Donald, Tripp;**  
**Donovan, James, G.;**  
**Dutt, William;**  
**Romanski, Eric;**  
**Rydin, Bjorn y**  
**Rexfelt, Jan**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 307 742 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**

Embarcación marina flexible para contener fluidos.

**5 Campo del invento**

El presente invento se refiere a una embarcación flexible para contener fluidos (denominada en lo que sigue, en ocasiones, "FFCV") para transportar y contener un gran volumen de fluido, en particular un fluido con una densidad menor que la del agua salada, más particularmente, agua dulce, y al método de fabricarla.

**10 Antecedentes del invento**

El uso de recipientes flexibles para contener y transportar cargas, en particular cargas líquidas o fluidas, es bien conocido. Es bien conocido el uso de recipientes para transportar fluidos en agua, particularmente en agua salada.

15 Si la carga es un fluido o un sólido fluidificado con una densidad menor que la del agua salada, no es necesario utilizar barcasas rígidas para graneles ni buques tanque ni embarcaciones de contención, rígidos. En su lugar, pueden utilizarse embarcaciones de contención flexibles que se remolcan o empujan desde un lugar a otro. Tales embarcaciones flexibles ofrecen ventajas evidentes con relación a las embarcaciones rígidas. Además, las embarcaciones flexibles, si se construyen apropiadamente, pueden enrollarse o plegarse sobre sí mismas, una vez que se han vaciado de su carga, y guardarse para un viaje de retorno.

20 En todo el mundo existen muchas zonas cuya necesidad de agua dulce es crítica. El agua dulce es una necesidad tan básica que la recolección de los icebergs y los casquetes polares se está convirtiendo en un gran negocio en rápido crecimiento. Sin embargo, se obtenga donde se obtenga el agua dulce, su transporte económico al destino proyectado constituye un problema.

25 Por ejemplo, en la actualidad, un recolector de casquetes de hielo pretende utilizar buques tanque de 150.000 toneladas de capacidad para transportar agua dulce. Evidentemente, esto supone no sólo el coste de utilización de un vehículo de transporte de esta clase, sino también el gasto añadido de su viaje de retorno, en lastre, para recoger una nueva carga. Las embarcaciones contenedoras flexibles, cuando se vacían, pueden aplastarse y guardarse en, por ejemplo, el remolcador que las llevó hasta el punto de descarga, con lo que se reduce esta parte del coste.

30 Incluso contando con tal ventaja, la economía dicta que el volumen transportado en la embarcación contenedora flexible debe ser suficiente para superar los gastos de transporte. En consecuencia, se están desarrollando recipientes flexibles cada vez mayores. Sin embargo, hay problemas de tipo técnico relacionados con tales recipientes que persisten a pesar de los desarrollos conseguidos con el paso de los años. A este respecto, en las patentes norteamericanas 2.997.973; 2.998.973; 3.001.501; 3.056.373 y 3.167.103 se enseñan mejoras introducidas en las barcasas o embarcaciones de contención flexibles. El uso para el que habitualmente se proyectan las embarcaciones de contención flexibles es el transporte o el almacenamiento de líquidos o sólidos fluidificables con un peso específico menor que el del agua salada.

35 La densidad del agua salada en comparación con la densidad del líquido o de los sólidos fluidificables refleja el hecho de que la carga proporciona flotación a la bolsa flexible de transporte cuando una bolsa, llena del todo o sólo parcialmente, se pone en agua salada y se la remolca. Esta flotación de la carga proporciona flotación para el recipiente y facilita el transporte de la carga de un puerto a otro.

40 En la patente norteamericana 2.997.973, se describe una embarcación que comprende un tubo cerrado de material flexible, tal como un tejido impregnado de caucho natural o sintético, dotado de un morro aerodinámico destinado a ser conectado a unos medios de remolque, y uno o más conductos en comunicación con el interior de la embarcación para, por ejemplo, permitir su llenado y su vaciado. La flotación se consigue gracias al contenido líquido de la embarcación y su forma depende del grado en que esté llena. Esta patente sugiere que la bolsa de transporte flexible puede fabricarse a partir de una única tela tejida como un tubo. No enseña, sin embargo, cómo se conseguiría esto en el caso de un tubo de tales dimensiones. Aparentemente, una estructura de esta clase tropezaría con el problema que suponen las costuras. Comúnmente, se encuentran costuras en las bolsas flexibles comerciales de transporte, ya que éstas están fabricadas, típicamente, como un parchado, cosiendo o conectando entre sí por otros medios las secciones de material impermeable. Véase, por ejemplo, la patente norteamericana 3.779.196. Es sabido que las costuras constituyen una fuente de fallos de las bolsas cuando éstas son sometidas, repetidamente, al transporte de cargas pesadas. Evidentemente, en una estructura sin costuras, puede evitarse el fallo de éstas.

45 En el uso de grandes recipientes de transporte surgen otros problemas. A este respecto, es sabido que, cuando se remolcan en agua salada recipientes de transporte o barcasas flexibles, parcial o completamente llenos, se presentan problemas de inestabilidad. Esta inestabilidad se describe como una oscilación por flexión del recipiente y está relacionada directamente con la flexibilidad del recipiente de transporte lleno del todo o en parte. Esta oscilación por flexión es conocida, también, como "serpenteo". Es sabido que los recipientes flexibles largos, dotados de extremos estrechados y que tienen una circunferencia relativamente constante en la mayor parte de su longitud, presentan problemas de serpenteo. El serpenteo se describe en la patente norteamericana 3.056.373 en la que se observa que las barcasas flexibles con extremos estrechados se ven sometidas a oscilaciones perjudiciales capaces de provocar ruptu-

## ES 2 307 742 T3

ras importantes o, en casos extremos, de destruir la barcaza cuando se la remolca a una velocidad superior a una cierta velocidad crítica. Se pensaba que las oscilaciones de esta naturaleza se debían a fuerzas que actúan lateralmente sobre la barcaza, hacia su popa. Una solución sugerida consistió en proporcionar un dispositivo para crear una rotura de las líneas de flujo del agua que corre a lo largo de la superficie de la barcaza y generar turbulencia en el agua en torno a la popa. Se decía que dicha turbulencia eliminaría o reduciría las fuerzas que provocan el serpenteo, dado que éste depende de un flujo uniforme del agua para provocar el movimiento lateral de la barcaza.

Se han propuesto otras soluciones para el serpenteo en, por ejemplo, las patentes norteamericanas 2.998.973; 3.001.501 y 3.056.373. Estas soluciones incluyen, entre otras, anclas flotantes, quillas y anillos deflectores.

Otra solución contra el serpenteo es construir el recipiente con una forma que proporcione estabilidad durante su remolque. La compañía Nordic Water Supply asentada en Noruega, ha utilizado esta solución. Los recipientes flexibles de transporte utilizados por esta compañía tienen una forma que puede describirse como la de un hexágono alargado. Se ha demostrado que esta forma de hexágono alargado permite realizar un remolque satisfactoriamente estable cuando se transporta agua dulce en mar abierto. Sin embargo, tales recipientes presentan limitaciones de tamaño debido a la magnitud de las fuerzas impuestas sobre ellos. A este respecto, entra en juego la relación entre la fuerza de remolque, la velocidad de remolque y el consumo de combustible para un recipiente de forma y tamaño dados. El patrón de un remolcador que tire de un recipiente de transporte flexible desea remolcarlo a una velocidad a la que el coste de transporte de la carga se reduzca al mínimo. Si bien las velocidades de remolque elevadas resultan atractivas en cuanto a que reducen la duración del remolque, las consecuencias de una velocidad de remolque elevada son un elevado consumo de combustible y fuerzas de remolque elevadas. Las fuerzas de remolque elevadas exigen que haya de aumentarse la resistencia del material utilizado en la construcción del recipiente, para manipular las grandes cargas. El aumento de la resistencia se consigue, típicamente, utilizando un material más grueso para el recipiente. Esto, sin embargo, da como resultado un aumento del peso del recipiente y una disminución de la flexibilidad del material. Ello, a su vez, tiene como consecuencia una mayor dificultad en la manipulación del recipiente de transporte flexible, ya que éste es menos flexible a la hora de enrollarlo y más pesado de transportar.

Además, el consumo de combustible aumenta rápidamente al incrementarse la velocidad de remolque. Para un recipiente particular, existe una combinación entre velocidad de remolque y consumo de combustible que origina un coste mínimo del transporte de la carga. Además, las velocidades de remolque elevadas también pueden acentuar los problemas de serpenteo.

En la situación de los recipientes de transporte flexibles con forma de hexágono alargado utilizados en el transporte de agua dulce en mar abierto, se ha encontrado, para un recipiente con una capacidad de 20.000 metros cúbicos, una combinación aceptable de fuerza de remolque (de unas 8 a unas 9 toneladas métricas), velocidad de remolque de unos 8,33 km/h (4,5 nudos) y consumo de combustible. Los recipientes en forma de hexágono alargado con una capacidad de 30.000 metros cúbicos se remolcan con una velocidad de remolque inferior, una fuerza de remolque superior y un consumo de combustible mayor que un recipiente cilíndrico de 20.000 metros cúbicos. Ello se debe, fundamentalmente, al hecho de que la anchura y la profundidad del hexágono alargado, de mayores dimensiones, debe desplazar más agua salada cuando es remolcado en mar abierto. Además, es deseable conseguir aumentar la capacidad del recipiente con el fin de lograr una economía a escala para la operación de transporte. Sin embargo, aumentar más la capacidad de los recipientes en forma de hexágono alargado tendrá como consecuencia una disminución de las velocidades de remolque y un mayor consumo de combustible.

Las anteriores preocupaciones relacionadas con el serpenteo, la capacidad del recipiente, la fuerza de remolque, la velocidad de remolque y el consumo de combustible, definen la necesidad de un diseño mejorado de un recipiente de transporte flexible. Se necesita un diseño mejorado que logre una combinación de remolque estable (sin serpenteo), gran capacidad de la FFCV, elevada velocidad de remolque, baja fuerza de remolque y bajo consumo de combustible, en comparación con los diseños existentes.

Además, para aumentar el volumen de la carga que se remolca, se ha sugerido remolcar varios recipientes flexibles juntos. Tales disposiciones pueden encontrarse en las patentes norteamericanas 5.657.714; 5.355.819 y 3.018.748, en las que se remolcan en línea, uno detrás de otro, una pluralidad de recipientes. A fin de aumentar la estabilidad de los recipientes, el documento EPO 832 032 B1 describe el remolque de múltiples recipientes en un diseño en yuxtaposición.

A partir del documento GB-A-824984 se conoce una embarcación con vigas rigidizadas.

Sin embargo, al remolcar recipientes flexibles yuxtapuestos, las fuerzas laterales provocadas por el movimiento de las olas oceánicas crea una inestabilidad que tiene como consecuencia que un recipiente empuje al otro y rueden unos sobre otros. Tales movimientos tienen un efecto perjudicial sobre los recipientes y, también, afectan a la velocidad de desplazamiento.

Otro problema con tales recipientes flexibles lo constituyen las elevadas fuerzas de remolque ejercidas sobre ellos, además de las fuerzas creadas por las condiciones extremas del mar y del viento. En consecuencia, es imperativo evitar las roturas del recipiente pues, de otro modo, toda la carga podría verse comprometida. Es deseable reforzar el recipiente para evitar tales fallos y, para ello, se han propuesto diversos medios para reforzar el recipiente. Estos incluyen, típicamente, la unión de cuerdas a la superficie exterior del recipiente como puede verse, por ejemplo,

## ES 2 307 742 T3

en las patentes norteamericanas 2.979.008 y 3.067.712. También se han contemplado bandas y nervios de refuerzo pegados a la superficie exterior del recipiente, como se describe en la patente norteamericana 2.391.926. Sin embargo, tales refuerzos adolecen de las desventajas de exigir su unión al recipiente, al tiempo que, también, son voluminosos, especialmente si el recipiente está proyectado para ser enrollado tras vaciarlo. Además, los refuerzos externos en la superficie del recipiente generan una resistencia incrementada durante el remolque. Si bien los refuerzos son muy deseables, especialmente si se contempla una tela ligera, ha de mejorarse la manera de reforzarla.

Además, aunque como se ha hecho notar en lo que antecede, es deseable un recipiente flexible sin costuras y ello se ha tratado en la técnica anterior, los medios para fabricar una estructura de esta clase tienen sus dificultades. Hasta ahora, como se ha indicado, los grandes recipientes flexibles se fabricaban, típicamente, en secciones más pequeñas que se cosían o se unían juntas. Estas secciones tenían que ser impermeables. Típicamente, dichas secciones, de no estar fabricadas de un material impermeable, podrían ser dotadas fácilmente de un revestimiento impermeable antes de su montaje. El revestimiento podría aplicarse por medios usuales, tales como pulverización o revestimiento por inmersión.

Para telas revestidas mayores (es decir, 12 m × 60 m) (40' × 200'), es posible revestirlas utilizando un gran sistema de revestimiento con líquido mediante dos rodillos. Aunque grandes, estas telas no lo son tanto como es necesario para las FFCV. No resulta económicamente práctico construir un sistema de rodillos para revestir una tela del gran tamaño previsto.

A diferencia del sistema de rodillos, las telas impermeables se han fabricado también, tradicionalmente aplicando un revestimiento líquido a una estructura de base tejida o no tejida y curando o fijando luego el revestimiento mediante calor o mediante una reacción química. El proceso supone el uso de equipo para tensar y soportar la tela cuando el revestimiento está siendo aplicado y, finalmente, curado. Para telas en el margen de tamaños de 2,54 m de anchura, las instalaciones de revestimiento usuales son capaces de tratar muchos cientos de miles de metros. Incluyen el uso de rodillos de soporte, puestos de revestimiento y hornos de curado que tratarán sustratos tejidos con anchuras del orden de 2,54 m.

Sin embargo, en el caso de un recipiente de tejido sin costuras, flexible, extremadamente grande, del orden de 12 m (40') de diámetro y 300 m (1000') de longitud o mayores, los métodos de revestimiento usuales serían difícilmente aplicables. Si bien las telas planas, relativamente pequeñas, se revisten fácilmente, una estructura tubular unitaria, extremadamente larga y ancha, es mucho más difícil de revestir.

En consecuencia, se necesita una FFCV para transportar grandes volúmenes de fluido, que supere los problemas antes señalados en relación con una estructura de esta clase y con el ambiente en el que ha de funcionar.

### Sumario del invento

Por tanto, un objeto principal del invento es proporcionar una FFCV de tejido sin costuras, relativamente grande, para el transporte de una carga incluyendo, en particular, agua dulce, con una densidad menor que la del agua salada.

Otro objeto del invento es proporcionar una FFCV de esta clase que tenga medios para inhibir su serpenteo no deseado durante el remolque.

Otro objeto del invento es proporcionar medios para permitir el transporte de una pluralidad de tales FFCV.

Otro objeto del invento es proporcionar medios para reforzar una FFCV de esta clase con el fin de distribuir eficazmente la carga en ella y de evitar su rotura.

Todavía otro objeto es proporcionar un método para revestir el tubo tejido utilizado en la FFCV o de impermeabilizarlo de otra manera.

Estos y otros objetos y ventajas se lograrán gracias al presente invento. A este respecto, el presente invento prevé el uso de un tubo tejido sin costuras para crear la FFCV, con una longitud de 90 m (300 pies) o más y un diámetro de 12 m (40 pies) o más. Una estructura tan grande puede tejerse en máquinas existentes que tejen telas para la fabricación de papel tales como las que posee en propiedad y maneja la titular de esta solicitud. Los extremos del tubo, a los que algunas veces se denomina morro y cola, o proa y popa, se cierran herméticamente por cualquiera de diversos medios, incluyendo su plegado y pegado y/o cosido, con una barra de remolque apropiada unida en el morro. Ejemplos de partes extremas en la técnica anterior pueden encontrarse en las patentes norteamericanas 2.997.973; 3.018.748; 3.056.373; 3.067.712 y 3.150.627. Están previstas una o más aberturas para el llenado y el vaciado de la carga, tal como se describe en las patentes norteamericanas 3.067.712 y 3.224.403.

Con el fin de reducir el efecto de serpenteo en una estructura tan larga, se prevén una pluralidad de vigas de rigidización longitudinales a lo largo de ella. Estas vigas de rigidización están destinadas a ser puestas a presión con aire u otro medio. Las vigas pueden tejerse como parte del tubo pero, también, pueden tejerse por separado y mantenerse en mangas tejidas como parte de la FFCV. También, pueden estar trenzadas en la forma establecida en las patentes norteamericanas 5.421.128 y 5.735.083 o en un artículo titulado "Diseño y aplicaciones de materiales compuestos tridimensionales trenzados", de D. Brookstein, 6ª Conferencia Europea sobre Materiales Compuestos,

Septiembre de 1995. También pueden tricotarse o tenderse como parte integrante de la estructura textil utilizada para fabricar el tubo. Toda la estructura se fabrica, de preferencia, en una sola pieza (construcción unificada). Aunque es posible unir o fijar tales vigas mediante cosido, se prefiere, sin embargo, la construcción unificada debido a la facilidad de fabricación y a su mayor resistencia.

5

Vigas de refuerzo o de rigidización de construcción similar, como antes se ha señalado, pueden preverse, también, en posiciones espaciadas alrededor de la circunferencia del tubo.

Las vigas también proporcionan flotación a la FFCV cuando se la descarga, para mantenerla a flote, ya que una FFCV vacía pesaría, normalmente, más que el agua salada. Pueden preverse válvulas que permitan la puesta a presión y la descompresión cuando se enrolla la FFCV para almacenarla.

En la situación en que se remolca más de una FFCV, se prevé que una forma de hacerlo sea colocándolas yuxtapuestas. Para aumentar la estabilidad y evitar su “vuelco” se utilizaría una pluralidad de separadores de viga, conteniendo preferiblemente aire comprimido u otro medio a presión, para acoplar entre sí FFCV adyacentes a lo largo de las mismas. Los separadores de viga pueden fijarse a las paredes laterales de la FFCV mediante conectores de costura con pasadores o cualesquiera otros medios adecuados a tal fin.

Otra forma sería tejer una serie de FFCV sin fin o sin costura, interconectadas por una parte tejida plana.

20

Además, el presente invento incluye refuerzos de fibra tejidos en el tubo utilizado para construir la FFCV. Estas fibras de refuerzo pueden estar separadas en dirección longitudinal alrededor de la circunferencia del tubo y en dirección vertical a lo largo del tubo. Además de proporcionar refuerzo, una disposición de esta clase puede permitir el uso de una tela más ligera en la construcción del tubo. Como se tejen en la tela, no se necesitan medios externos para fijarlos ni, tampoco, generan resistencia adicional durante el remolque.

25

El refuerzo puede adoptar, también, la forma de bolsas tejidas en el tubo para recibir cuerdas o cables de refuerzo longitudinales y circunferenciales que hacen frente a las exigencias de carga de la FFCV al tiempo que conservan su forma.

30

El presente invento describe, también, métodos para impermeabilizar el tubo. A este respecto, se han propuesto varios métodos con el fin de permitir el uso de un revestimiento usual, es decir, pulverización, revestimiento por inmersión, etc. El tubo puede revestirse interiormente, exteriormente o por ambas caras con un material impermeable. El tubo si el tejido es bastante hermético, puede inflarse revistiéndose exteriormente por pulverización. Si es necesario, puede introducirse un saco no pegajoso para permitir el revestimiento del exterior. Luego, se retira el saco y el tubo puede ser inflado y revestido por el interior. Alternativamente, puede introducirse en el tubo un forro plano, no pegajoso, para impedir que se pegue la superficie interior durante el revestimiento, tras lo cual se retira. Igualmente, pueden introducirse medios mecánicos en el tubo durante el revestimiento para mantener separadas las superficies interiores durante la aplicación del revestimiento.

40

Alternativamente, el tubo puede tejerse con una fibra que tenga un revestimiento termoplástico o con fibras de termoplástico intercaladas en el tejido. El tubo sería sometido entonces a calor y presión con el fin de hacer que el material termoplástico llene los huecos del tejido y crear así un tubo impermeable. También se describe un aparato que permite conseguir esto.

45

### **Breve descripción de los dibujos**

De este modo, gracias al presente invento se conseguirán sus objetos y ventajas, debiendo tomarse su descripción en conjunto con los dibujos, en los que:

50

la Figura 1 es una vista en perspectiva, algo general, de una FFCV de la técnica anterior, cilíndrica, con una proa o morro puntiagudo;

la Figura 2 es una vista en perspectiva, algo general, de una FFCV cilíndrica, con una proa o morro aplanado, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

55

la Figura 2A es una vista en perspectiva, algo general, de una disposición de lengüeta que cierra la proa o morro de la FFCV, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

la Figura 2B es una vista en sección lateral de la proa de la FFCV representada en la figura 2A, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

60

las figuras 2C y 2D muestran una disposición de lengüeta alternativa a la mostrada en las Figuras 2A y 2B, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

65

la figura 2E es una vista en perspectiva, algo general, de una parte de extremo aplastada y plegada de la FFCV antes de cerrarla herméticamente, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

## ES 2 307 742 T3

la figura 2F es una vista en perspectiva, algo general, de una FFCV que tiene tapas de extremo romas en su proa y en su popa, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

5 las figuras 2G y 2H muestran una disposición de tapa de extremo alternativa a la mostrada en la Figura 2F, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

la figura 2I es una vista en perspectiva, algo general, de una FFCV que tiene una proa aplanada ortogonal con respecto a la popa, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

10 la figura 3 es una vista en sección de una FFCV que tiene vigas longitudinales de rigidización, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

la figura 3A es una vista en perspectiva, algo general, de una FFCV que tiene vigas longitudinales de rigidización (mostradas separadas) que se introducen en mangas a lo largo de la FFCV, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

la figura 4 es una vista parcialmente en sección de una FFCV que tiene vigas de rigidización circunferenciales, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

20 la figura 5 es una vista algo general de una FFCV en forma de vaina con una viga de rigidización longitudinal y una viga de rigidización vertical en su proa, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

las figuras 5A y 5B muestran vistas, algo generales, de una serie de FFCV en forma de vaina conectadas mediante una estructura tejida plana, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

25 la figura 6 es una vista algo general de dos FFCV remolcadas yuxtapuestas con una pluralidad de separadores de viga conectados entre ellas, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

la figura 7 es una vista algo esquemática de la distribución de fuerzas en FFCV yuxtapuestas conectadas mediante separadores de viga, que incorpora las enseñanzas del presente invento;

30 la figura 8 es una vista en perspectiva de un dispositivo para aplicar calor y presión a un tubo que ha de ser utilizado en una FFCV que incorpora las enseñanzas del presente invento;

35 la figura 9 es una vista en perspectiva del dispositivo mostrado en la figura 8 en conjunto con el tubo que incorpora las enseñanzas del presente invento; y

las figuras 10, 10A y 10B son vistas en perspectiva de una forma alternativa de la parte de tubo de la FFCV que tiene bolsas tejidas para recibir miembros de refuerzo que incorpora las enseñanzas del presente invento.

### 40 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La FFCV 10 propuesta está proyectada para construirse con un tubo textil impermeable, tejido sin costuras. La configuración del tubo puede variar. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, comprendería un tubo 12 de diámetro (perímetro) sustancialmente uniforme y cerrado en cada extremo 14 y 16. También, puede tener un diámetro no uniforme o una forma no uniforme. Véase la figura 5. Los respectivos extremos 14 y 16 pueden cerrarse, aplastarse y hermetizarse de varias maneras, como se describirá. La estructura recubierta resultante también será lo bastante flexible para ser plegada o enrollada para su transporte y almacenamiento.

50 Antes de pasar a describir de forma más particular el diseño de la FFCV del presente invento, es importante tener en cuenta determinados factores de diseño. La distribución uniforme de la carga remolcada es crucial para la vida útil y el comportamiento de la FFCV. Durante el proceso de remolque, sobre la FFCV actúan dos tipos de fuerzas resistentes, la resistencia viscosa y la resistencia hidrodinámica. La fuerza total, la fuerza de remolque, es la suma de las fuerzas resistentes debidas a la viscosidad y a la hidrodinámica. Cuando se pone inicialmente en movimiento una FFCV llena, estacionaria, ha de vencerse una fuerza de inercia que se experimenta durante la aceleración de la FFCV hasta conseguir una velocidad constante. La fuerza de inercia puede ser muy elevada, en contraste con la fuerza resistente total, debido a la elevada masa que se pone en movimiento. Se ha mostrado que la fuerza resistente viene determinada, fundamentalmente, por la máxima sección transversal del perfil de la FFCV, o por el punto de diámetro máximo. Una vez alcanzada una velocidad constante, la fuerza de inercia durante el remolque es nula y la carga total de remolque es igual a la fuerza resistente total.

60 Como parte de esto, y además, se ha determinado que para aumentar el volumen de la FFCV, resulta ser más eficaz aumentar su longitud que aumentar su anchura a la vez. Por ejemplo, se ha desarrollado una fuerza de remolque en función de la velocidad de remolque para una bolsa de transporte de forma cilíndrica, que tiene una proa y una popa de configuración esférica. Se supone que la FFCV está completamente sumergida en el agua. Si bien esta suposición puede no ser correcta para una carga cuya densidad sea inferior a la del agua salada, aporta medios para estimar los efectos relativos del diseño de la FFCV sobre las exigencias de remolque. Este modelo estima la fuerza total de remolque calculando dos componentes de resistencia para una velocidad dada y sumándolas. Las dos

## ES 2 307 742 T3

componentes de resistencia son la resistencia debida a la viscosidad y la resistencia hidrodinámica. Las fórmulas para las componentes de resistencia se muestran en lo que sigue:

$$\text{Resistencia debida a la viscosidad (toneladas)} = (0,25*(A4+D4)*(B4+(3,142*C4))*E4^{1,63}/8896$$

$$\text{Resistencia hidrodinámica (toneladas)} = (((B4-(3,14*C4/2))*C4/2)^{1,87})*E4^{1,33}*1,133/8896$$

$$\text{Fuerza total de remolque (toneladas)} = \text{Resistencia debida a la viscosidad (toneladas)} + \text{Resistencia hidrodinámica (toneladas)}$$

donde A4 es la longitud total en metros, D4 es la longitud total de las secciones de proa y de popa en metros, B4 es el perímetro de la bolsa en metros, C4 es el calado en metros y E4 es la velocidad en nudos.

Puede determinarse ahora la fuerza de remolque para una serie de diseños de FFCV. Por ejemplo, supóngase que la FFCV tiene una longitud total de 160 metros, las secciones de proa y de popa tienen una longitud total de 10 metros, su perímetro es de 35 metros, la velocidad es de 7,41 km/h (4 nudos) y la bolsa está llena al 50%. El calado en metros se calcula suponiendo que la forma de la sección transversal de la FFCV parcialmente llena, es ovalada. Esta forma supone que la sección transversal se asemeja a dos semicírculos unidos a una sección central rectangular. El calado para esta FFCV se calcula en unos 3,26 metros. La fórmula para calcular el calado se muestra a continuación.

$$\text{Calado (metros)} = B4/3,14*(1-((1-J4)^{0,5}))$$

donde J4 es la fracción entera para la FFCV (50% en este caso).

Para esta FFCV, la resistencia total es de 3,23 toneladas. La resistencia hidrodinámica es de 1,15 toneladas y la resistencia debida a la viscosidad es de 2,07 toneladas. Si la carga fuese agua dulce, esta FFCV transportaría 7481 toneladas al 50% de su capacidad.

Si se desea una FFCV que pueda transportar unas 60.000 toneladas de agua al 50% de su capacidad, la capacidad de la FFCV puede aumentarse de, al menos, dos maneras. Una forma es aumentar su longitud total, la longitud total de las secciones de proa y de popa y su perímetro en un mismo factor. Si se incrementan estas dimensiones de la FFCV en un factor de 2, la capacidad de la FFCV llena al 50%, es de 59.846 toneladas. La fuerza total de remolque aumenta de las 3,23 toneladas de la FFCV anterior hasta 23,72 toneladas para esta FFCV. Esto supone un incremento del 634%. La resistencia hidrodinámica pasa a ser de 15,43 toneladas (un aumento del 1241%) y la resistencia debida a la viscosidad es de 8,29 toneladas (un aumento del 300%). La mayor parte del incremento de la fuerza de remolque se debe al aumento de la resistencia hidrodinámica, lo que refleja el hecho de que este diseño tiene que desplazar más agua salada con el fin de que la FFCV viaje por ella.

Un modo alternativo de aumentar la capacidad hasta las 60.000 toneladas es alargar la FFCV manteniendo iguales su perímetro y las dimensiones de proa y popa. Cuando se aumenta la longitud global hasta 1233,6 metros, la capacidad al 50% es de 59.836 toneladas. A una velocidad de 7,41 km/h (4 nudos), la fuerza resistente total es de 16,31 toneladas, es decir, el 69% de la segunda FFCV descrita anteriormente. La resistencia hidrodinámica es de 1,15 toneladas (igual que en la primera FFCV) y la resistencia debida a la viscosidad es de 15,15 toneladas (un incremento del 631% respecto de la primera FFCV).

Este diseño alternativo (una FFCV alargada de 1233,6 metros) resulta claramente ventajoso, en términos de aumento de la capacidad, al tiempo que reduce al mínimo cualquier incremento de la fuerza de remolque. El diseño alargado permitirá conseguir, también, una economía de combustible mucho mayor para el remolcador, en comparación con el primer diseño, aumentado de escala, de igual capacidad.

Habiéndose determinado la forma preferida de aumentar el volumen de la FFCV, volvemos ahora a la construcción general del tubo 12 que constituirá la FFCV. El presente invento contempla tejer el tubo 12 sin costuras en un gran telar del tipo utilizado, típicamente para tejer tela o textil sin costuras para la fabricación de papel. El tubo 12 se teje en un telar con una anchura de 29 metros (96 pies). Con un telar de esa anchura, el tubo 12 tendría un diámetro de, aproximadamente, 27,6 metros (92 pies). El tubo 12 podría tejerse con una longitud de unos 90 metros (300 pies) o más. El tubo, como se describirá, tendrá que ser impermeable al agua salada o a la difusión de iones de sal. Una vez hecho esto, se cierran de forma hermética los extremos del tubo. La hermeticidad no sólo es necesaria para permitir que la estructura contenga agua u otra carga sino, también, para proporcionar medios para remolcar la FFCV.

El cierre hermético puede conseguirse de muchas maneras. El extremo cerrado herméticamente puede formarse aplastando el extremo 14 del tubo 12 y plegándolo una o más veces, como se muestra en la figura 2. Un extremo 14 del tubo 12 puede cerrarse herméticamente de tal manera que el plano de la superficie cerrada sea el mismo plano que la superficie de cierre del otro extremo 16 del tubo. Alternativamente, el extremo 14 puede ser ortogonal al plano formado por la superficie de cierre en el otro extremo 16 del tubo, creándose una proa perpendicular a la superficie del

## ES 2 307 742 T3

agua, similar a la de un barco. (Véase la figura 2I). Para cerrar herméticamente los extremos 14 y 16 del tubo, se les aplasta de tal modo que se obtenga como resultado una longitud del cierre de unos pocos metros. El cierre hermético se facilita pegando o soldando las superficies internas del extremo aplanado del tubo con un material reactivo o con adhesivo. Además, los extremos aplanados 14 y 16 del tubo pueden sujetarse y reforzarse con barras 18 de metal o de material compuesto, que se atornillan o se aseguran a través de la estructura de material compuesto. Estas barras 18 de metal o de material compuesto pueden proporcionar medios para unir un mecanismo de remolque 20 del remolcador que remolque la FFCV.

Además, como se muestra en las figuras 2A y 2B, un artículo de metal o de material compuesto, que se denominará lengüeta 20, puede insertarse en el extremo del tubo 12 antes de cerrarlo. La lengüeta 22 estaría contorneada para casar con la forma del extremo del tubo cuando éste estuviese totalmente abierto, parcialmente aplastado o totalmente aplastado. El extremo 14 del tubo 12 se cerraría herméticamente alrededor de la lengüeta con adhesivo o pegamento. La lengüeta se aseguraría en posición mediante tornillos 24 o algún otro medio adecuado. La lengüeta no sólo se atornillaría al extremo del tubo revestido sino, también, a cualquier placa metálica o dispositivo de soporte de material compuesto, exterior. La lengüeta también podría dotarse de órganos para el remolque de la FFCV. La lengüeta también podría dotarse de una o más aberturas o conductos 28 utilizables para ventilar la FFCV, llenar la FFCV de agua o vaciar la FFCV de agua. Estos conductos pueden fabricarse de tal modo que bombas conectadas a una conducción de descarga y una fuente de alimentación externa puedan introducirse en la FFCV y utilizarse para vaciar la FFCV de agua.

Son posibles otras configuraciones para la construcción de la lengüeta, tales como la lengüeta 22' de cinco puntas mostrada en las figuras 2C y 2D. La lengüeta 22' se uniría al tubo 12 en forma similar a como se ha descrito, teniendo cada una de las puntas aberturas 28' para el llenado, vaciado o la ventilación. Como todas las disposiciones de lengüeta, está dimensionada para tener un perímetro de la superficie exterior que case con el del extremo del tubo 12.

Una alternativa a la disposición de lengüeta es una estructura de costura con pasadores que puede crearse en el extremo cerrado. Una forma de conseguirlo es hacer uso de los bordes delantero y trasero de la FFCV para formar costuras tales como una costura con pasadores. Una costura con pasadores podría realizarse empezando fuera del tejido del tubo tejiendo primero una tela plana con una longitud de unos 3 metros (10 pies). La configuración del telar se cambiaría, entonces, para conseguir la transición a una tela tubular y, luego, en el extremo opuesto se cambiaría, de nuevo, a una tela plana durante unos 3 metros (10 pies). Después de revestir el extremo plano del tubo, se pliega éste sobre sí mismo para formar un bucle cerrado. Este bucle se fijaría en posición sujetando juntas las dos piezas de tela revestida que entran en contacto para formar el bucle. Estas piezas podrían sujetarse con tornillos y reforzarse con una chapa o una lámina de material compuesto. El bucle cerrado se mecanizaría o se cortaría de tal manera que se formase una serie de dedos en forma de bucle, de las mismas dimensiones, con espacios entre los dedos. Estos espacios serían ligeramente más anchos que un dedo en forma de bucle. Los dedos en forma de bucle constituyen un extremo de una costura con pasadores que puede acoplarse con otro conjunto de dedos en forma de bucle de otra FFCV. Una vez que se han acoplado los dedos en forma de bucle de los dos extremos de dos FFCV, se insertaría una cuerda o un pivote en los bucles y se fijaría en posición. Esta costura con pasadores puede utilizarse para unir un mecanismo de remolque. Alternativamente, puede proporcionar medios para unir dos FFCV entre sí. Gracias a estos medios de unión, las dos FFCV pueden unirse y desconectarse rápidamente.

Una alternativa para formar un extremo simple, aplastado y cerrado de manera hermética comprende aplastar y plegar el extremo 14 del tubo 12 de tal modo que la anchura W del extremo cerrado coincida con el diámetro del tubo o con la anchura del tubo cuando éste está lleno de agua y flota en agua de mar. La configuración general del extremo aplastado y plegado se muestra en la figura 2E. Esta característica de hacer coincidir la anchura del extremo cerrado con la anchura del tubo o con su diámetro cuando está lleno, reducirá al mínimo la concentración de esfuerzos cuando se está remolcando la FFCV.

El extremo 14 (aplastado y doblado) se cerrará herméticamente mediante un adhesivo o un agente obturador sustituido por un polímero reactivo. El extremo cerrado puede reforzarse, también, como se ha descrito previamente con barras de material compuesto o de metal, para asegurar el extremo cerrado y puede dotarse de medios para la unión de un dispositivo de remolque. Además, en el extremo del tubo, antes de cerrarlo, puede insertarse, como se ha descrito anteriormente, una lengüeta de metal o de material compuesto. La lengüeta estaría contorneada para casar con la forma del extremo del tubo cuando éste esté aplastado y doblado.

Otros medios para cerrar herméticamente los extremos incluyen la unión de tapas 30 de extremo, de metal o de material compuesto, como se muestra en la Figura 2F. En esta realización, el tamaño de las tapas vendrá determinado por el perímetro del tubo. El perímetro de la tapa 30 de extremo estará diseñado para coincidir con el perímetro del interior del tubo 12 y se unirá a él en relación de obturación por pegado, atornillado o cualesquiera otros medios adecuados para tal fin. La tapa 30 de extremo servirá como cierre, realizándose el llenado/vaciado a través de aberturas 31, y como medio para la unión del remolque. La FFCV no tiene forma estrechada, sino que tiene un extremo más "rombo" con un perímetro sustancialmente uniforme que distribuye la fuerza por el perímetro máximo, que no varía a lo largo de la FFCV, en vez de concentrar las fuerzas sobre el área de cuello, de menor diámetro, de las FFCV de la técnica anterior (véase la Figura 1). Al unir una tapa de remolque que coincida con el perímetro, se garantiza una distribución más uniforme de las fuerzas, particularmente de las fuerzas de remolque al arrancar, por toda la estructura de la FFCV.

## ES 2 307 742 T3

En las Figuras 2G y 2H se muestra un diseño alternativo de una tapa de extremo. La tapa 30' de extremo mostrada también está hecha de metal o de material compuesto y se pega, atornilla o une de otra manera, en relación de obturación, con el tubo 12. Como puede verse, si bien está estrechada, la parte trasera de la tapa 30' de extremo tiene un perímetro que coincide con el perímetro interior del tubo 12, lo que permite una distribución uniforme de la fuerza por el mismo.

La solución aplastada, la configuración aplastada y plegada para conseguir el cierre hermético o la solución de tapa de extremo, pueden diseñarse para distribuir, en lugar de concentrar, las fuerzas de remolque por toda la FFCV y permitirán un mejor funcionamiento de la misma.

Habiendo considerado ya las fuerzas de remolque para determinar la forma más eficaz, es decir, que es mejor mayor longitud que mayor anchura, y los medios para cerrar herméticamente los extremos del tubo, volveremos ahora a una exposición de las fuerzas que se crean en la propia FFCV en relación con la selección del material y su construcción.

Las fuerzas que pueden aparecer en una FFCV pueden contemplarse desde dos puntos de vista. Según una perspectiva, pueden estimarse las fuerzas resistentes para una FFCV que viaja por el agua en un margen de velocidades. Estas fuerzas pueden distribuirse uniformemente por toda la FFCV y es deseable que se distribuyan de la forma más uniforme posible. Otra perspectiva considera que la FFCV está fabricada de un material específico, de grosor dado. Para un material específico, las propiedades de carga final y alargamiento son conocidas y se puede suponer que no se permitirá que este material supere un porcentaje específico de la carga final. Por ejemplo, supongamos que el material de la FFCV tiene un peso base de 1000 gramos por metro cuadrado y que la mitad del peso base se atribuye al material textil (no revestido) y la mitad a la matriz o material de revestimiento, con un 70% de las fibras orientadas en la dirección de la longitud de la FFCV. Si la fibra es, por ejemplo, nilón 6 o nilón 6,6 con una densidad de 1,14 gramos por centímetro cúbico, se puede calcular que el nilón orientado longitudinalmente comprende, aproximadamente, 300 milímetros cuadrados del material de la FFCV en una anchura de 1 metro. Trescientos milímetros cuadrados (300 mm<sup>2</sup>) es igual a unas 0,47 pulgadas cuadradas. Si se supone que el refuerzo de nilón tiene una resistencia final a la rotura de 118.920 kg/m<sup>2</sup> (80.000 libras por pulgada cuadrada), una pieza de un metro de anchura de este material para la FFCV se romperá cuando la carga llegue a los 17.055 kg (37.600 libras). Esto equivale a 17.113 kg/m (11.500 libras por pie). Para una FFCV con un diámetro de 12,60 m (42 pies), la circunferencia es de 39,6 m (132 pies). La carga de rotura teórica para esta FFCV sería de 688.553 kg (1.518.000 libras). Suponiendo que no se superara el 33% de la resistencia final a la rotura del refuerzo de nilón, entonces la carga máxima permisible para la FFCV sería de unos 226.796 kg (unas 500.000 libras) o de unos 5.946 kg/m (unas 4.000 libras por pie). En consecuencia, pueden determinarse las exigencias de carga y reflejarlas en la selección del material y en las técnicas de construcción.

Asimismo, la FFCV experimentará un trabajo cíclico entre condiciones de ausencia de carga y de carga elevada. En consecuencia, las propiedades de recuperación del material en un entorno de carga cíclica deben tenerse en cuenta, también, a la hora de realizar cualquier selección de material. Los materiales también deben soportar su exposición a la luz solar, al agua salada, a las temperaturas del agua salada, a la vida marina y a la carga que se transporta. Los materiales de construcción deben impedir, también, la contaminación de la carga por agua salada. La contaminación se produciría si entrase agua salada en la carga o si se difundieran los iones de sal en la carga.

Teniendo en cuenta lo que antecede, el presente invento, pretende construir las FFCV a partir de textiles revestidos. Los textiles revestidos, tienen dos componentes principales. Estos componentes son el refuerzo de fibras y el revestimiento de polímero. Para las FFCV resultan adecuados una variedad de refuerzos de fibras y de materiales polímeros de revestimiento. Tales materiales deben ser capaces de soportar las cargas mecánicas y los diversos tipos de extensiones que experimentará la FFCV.

El presente invento prevé una carga de rotura a la tracción que el material de la FFCV debe estar destinado para soportar, en el margen de desde unos 196.437 kg/cm (unas 1100 libras por pulgada) de anchura de la tela hasta unos 410.733 kg/cm (unas 2300 libras por pulgada) de anchura de la tela. Además, el revestimiento debe poder ser doblado o flexionado repetidamente, ya que el material de la FFCV se enrolla frecuentemente en un carrete.

Materiales polímeros de revestimiento adecuados incluyen poli(cloruro de vinilo), poliuretanos, cauchos naturales y sintéticos, poliureas, poliolefinas, polímeros de silicona y polímeros acrílicos. Estos polímeros pueden ser de naturaleza termoplástica o termocurable. Los revestimientos de polímero termocurable pueden ser curados por calor, pueden curar a temperatura ambiente o mediante radiación UV. Los revestimientos polímeros pueden incluir plastificantes y estabilizadores que añadan flexibilidad o que hagan que el revestimiento tenga una mayor duración. Los materiales de revestimiento preferidos son poli(cloruro de vinilo), poliuretanos y poliureas con agente plastificante. Estos materiales tienen buenas propiedades de barrera y son flexibles y duraderos.

Materiales de refuerzo de fibras adecuados son los nilones (como clase general), los poliésteres (como clase general), las poliamidas (tales como Kevlar<sup>®</sup>, Twaron o Technora), las poliolefinas (tales como Dyneema y Spectra) y los polibenzoxazoles (PBO).

Dentro de una clase de material, las fibras de gran resistencia reducen al mínimo el peso de la tela requerida para satisfacer las exigencias de diseño para la FFCV. Los materiales de refuerzo de fibras preferidos son los nilones de alta resistencia, las poliamidas de alta resistencia y las poliolefinas de alta resistencia. Los PBO son deseables por

## ES 2 307 742 T3

su elevada resistencia, pero son indeseables debido a su coste, relativamente alto. Las poliolefinas de alta resistencia son deseables por su gran resistencia, pero resulta difícil su unión efectiva con los materiales de revestimiento.

El refuerzo de fibras puede formarse con una diversidad de construcciones de tejido. Estas construcciones textiles, varían desde un tejido plano (1x1) hasta tejidos de esterilla y tejidos de sarga. Son adecuados tejidos de esterilla tales como 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 y 6x1. Son adecuados tejidos de sarga tales como 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 y 6x1. Además pueden emplearse tejidos de raso tales como 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 y 6x1. Si bien se ha descrito un tejido de una sola capa, como será evidente para un experto en la técnica, también podrían ser deseables tejidos de múltiples capas, dependiendo de las circunstancias.

El tamaño del hilo o denier en el recuento de hilos variará dependiendo de la resistencia del material seleccionado. Cuanto mayor sea el diámetro del hilo, menor número de hilos por cm serán necesarios para conseguir la resistencia requerida. A la inversa, cuanto menor sea el diámetro del hilo, serán necesarios más hilos por cm para mantener la misma resistencia. Pueden utilizarse varios niveles de torsión del hilo, dependiendo de la superficie deseada. La torsión del hilo puede variar desde tan baja como una torsión cero a tal alta como 20 vueltas por cada 2,5 cm y mayores. Además las formas del hilo pueden variar. Dependiendo de las circunstancias implicadas, pueden utilizarse formas redonda, elíptica, aplanada o con otra configuración adecuada a tal fin.

En consecuencia, teniendo en cuenta todo lo que antecede, pueden seleccionarse la fibra y el tejido adecuados, junto con el revestimiento a utilizar.

Sin embargo, volviendo ahora a la estructura de la FFCV 10 propiamente dicha, si bien se ha determinado que una estructura larga se remolca de modo más eficiente a mayores velocidades (mayores que la actual de 8,33 Km/h (4,5 nudos), el serpenteo en tales estructuras es, sin embargo, un problema. Para reducir la ocurrencia del serpenteo, el presente invento proporciona una FFCV 10 construida con una o más vigas longitudinales 32 que proporcionan rigidez a lo largo del tubo 12, como se muestra en la Figura 3. De este modo, a la FFCV 10 se le añade una cierta rigidez estructural en dirección longitudinal. Las vigas 32 pueden ser estructuras tubulares herméticas fabricadas de tela revestida. Cuando se infla la viga 32 con gas o aire comprimido, la viga 32 se hace rígida y es capaz de soportar una carga aplicada. La viga 32 también pueden inflarse y ponerse a presión con un líquido tal como agua u otro medio para conseguir la rigidez deseada. Las vigas 32 pueden hacerse rectas o curvas dependiendo de la forma deseada para la aplicación y de la carga que soportarán.

Las vigas 32 pueden unirse a la FFCV 10 o pueden construirse como para integrante de ella. En la Figura 3 se ilustran dos vigas 32 situadas en posiciones opuestas. Las vigas 32 pueden extenderse a todo lo largo de la FFCV 10 o pueden extenderse sólo a lo largo de una parte corta de la FFCV 10. La longitud y la situación de la viga 32 vienen dictadas por la necesidad de estabilizar la FFCV 10 contra el serpenteo. Las vigas 32 pueden ser de una pieza o de múltiples de piezas 34, que se extienden a lo largo de la FFCV 10 (véase la Figura 4).

Preferiblemente, la viga 32 está hecha como parte enteriza de la FFCV 10. De este modo, es menos probable que la viga 32 se separe de la FFCV 10. Pueden tejerse una o más vigas 32 como parte integrante de un único tubo 12 tejido para la FFCV 10. Es posible no solo tejer el tubo 12, que se convierte en espacio para contener la carga sino, también, tejer simultáneamente la o las estructuras tubulares que se convierten en la o las vigas 32 del FFCV 10. Obsérvese que, incluso en la situación en que la viga rigidizadora sea parte integrante de la FFCV 10, todavía puede ser tejida de un material diferente o con un tejido diferente que el de la FFCV 10, como le resultará evidente a un experto en la técnica.

Sin embargo, podría ser deseable, también, fabricar las vigas inflables rigidizadoras 33 como unidades separadas y como se muestra en la Figura 3A. La estructura tubular podría tener mangas 35 tejidas enterizas para recibir las vigas rigidizadoras 33. Esto permite que las vigas rigidizadoras se fabriquen para satisfacer exigencias de carga diferentes que la estructura tubular. Asimismo, la viga puede revestirse por separado de la FFCV para impermeabilizarla y hacerla inflable, permitiendo el uso de un revestimiento diferente para la estructura tubular, si así se deseara.

También puede hacerse que vigas 36 similares corran en dirección transversal a la longitud de la FFCV 10, como se muestra en la Figura 4. Las vigas 36 que corren en dirección transversal pueden usarse para crear deflectores a lo largo del costado de la FFCV 10. Estos deflectores pueden romper los patrones de flujo del agua salada a lo largo del costado de la FFCV 10 lo cual, de acuerdo con la técnica anterior, proporciona un remolque estable de la FFCV 10. Véase la patente norteamericana 3.056.373.

Además, las vigas 32 y 36, llenas de aire comprimido, proporcionan flotabilidad a la FFCV. Esta flotabilidad adicional tiene una utilidad limitada cuando la FFCV 10 está llena de carga. Esta flotabilidad adicional tiene una mayor utilidad cuando se está vaciando la carga de la FFCV 10. A medida que la carga sea retirada de la FFCV 10, las vigas 32 y 36 proporcionarán flotabilidad para mantener la FFCV 10 a flote. Esta característica es especialmente importante cuando la densidad del material de la FFCV 10 sea mayor que la del agua salada. Si la FFCV 10 ha de enrollarse en un carrete cuando ha sido vaciada, las vigas 32 y 36 pueden desinflarse gradualmente a través de válvulas de purga para, simultáneamente, facilitar el enrollamiento y proporcionar flotabilidad a la FFCV 10 vacía. Las vigas 32 desinfladas gradualmente pueden actuar, también, para mantener a la FFCV 10 desplegada en condición recta sobre la superficie del agua durante las operaciones de enrollamiento, llenado y descarga.

## ES 2 307 742 T3

La colocación o la situación de las vigas 32 en la FFCV 10 es importante para la estabilidad, la duración y la flotación de la FFCV 10. Una configuración sencilla con dos vigas 32 haría que éstas estuviesen equidistantes entre sí a lo largo del costado de la FFCV 10, como se muestra en la Figura 2. Si el área de la sección transversal de las vigas 32 es una pequeña fracción del área total de la sección transversal de la FFCV 10, entonces las vigas 32 se encontrarán por debajo de la superficie del agua salada cuando la FFCV 10 esté llena a, aproximadamente, el 50% de su capacidad total. Como resultado de ello, las vigas rigidizadoras 32 no se verán sometidas a una acción intensa debida a las olas, lo que puede ocurrir en la superficie del mar. Si las vigas 32 sufriesen una acción intensa de las olas, sería posible que las vigas 32 resultasen dañadas. Los daños que sufriesen las vigas 32 serían perjudiciales para la duración de la FFCV 10. En consecuencia, es preferible que las vigas 32 estén situadas por debajo de la superficie del agua salada cuando la FFCV 10 esté llena a la capacidad de transporte deseada. Estas mismas vigas 32 ascenderán hasta la superficie del agua salada cuando se vacíe la FFCV 10, en tanto la flotación combinada de las vigas 32 y 36 sea mayor que cualquier fuerza de flotación negativa que provocara el hundimiento de una FFCV 10 vacía.

También puede hacerse que la FFCV 10 sea estable frente al vuelco disponiendo las vigas de tal modo que la flotación proporcionada por éstas contrarreste las fuerzas de vuelco. Una configuración de este tipo ha de tener tres vigas. Dos vigas 32 se llenarían con gas o aire comprimido y estarían situadas a lados opuestos de la FFCV 10. La tercera viga 38 se llenaría con agua salada a presión y correría a lo largo del fondo de la FFCV 10, a modo de quilla. Si esta FFCV 10 se viese sometida a fuerzas de vuelco, la flotación combinada de las vigas laterales 32 y el efecto de lastre de la viga inferior 38 daría como resultado fuerzas que actuarían para mantener la FFCV 10 evitando su vuelco.

Como antes se ha dicho, es preferible que las vigas sean parte integrante de la estructura de la FFCV. El proceso de tejido consiste, por tanto, en el tejido de múltiples tubos que son yuxtapuestos, cada uno de los cuales tiene dimensiones apropiadas para la función del tubo individual. De este modo, es posible tejer la estructura como una estructura de una sola pieza o unificada. Un material de fibras de elevado módulo en el tejido de las vigas mejoraría la función de rigidización de las vigas. La estructura tejida puede revestirse después de tejerla para crear las barreras para mantener al aire, el agua dulce y el agua salada separados unos de otros.

Las vigas pueden fabricarse, también, como tubos separados tejidos, tendidos, tricotados, no tejidos o trenzados, revestidos con un polímero con el fin de que puedan contener agua o aire comprimido. (Para el trenzado, véanse las patentes norteamericanas 5.421.128 y 5.735.083 y un artículo titulado "Diseño y aplicaciones de materiales compuestos trenzados, tridimensionales", de D. Brookstein, en la 6ª Conferencia Europea sobre Materiales Compuestos (Septiembre de 1993)). Si la viga se fabrica como un tubo separado, debe unirse al tubo principal 12. Dicha viga puede unirse por diversos medios, incluyendo soldadura térmica, cosido, uniones mediante bucles y ganchos, pegado o cosido con pasadores.

La FFCV 10 también puede adoptar forma de vaina 50, tal como la ilustrada en la Figura 5. La forma de vaina 50 puede ser plana en un extremo 52 o en ambos extremos del tubo, siendo tubular en la parte media 54. Como se muestra en la Figura 5, puede incluir vigas 56 de rigidización, como se ha descrito previamente, a lo largo de ella y, además, una viga 58 a través de su extremo 52, tejida en una sola pieza o tejida por separado y, luego, unida.

La FFCV 10 también puede formarse como una serie de vainas 50', tejidas sin fin o sin costura, como se muestra en las Figuras 5A y 5B. A este respecto, las vainas 50' pueden crearse tejiendo partes planas 51, luego la parte tubular 53, luego, una parte plana 51, luego una parte tubular 53 y así sucesivamente, como se muestra en la Figura 5A. Los extremos pueden cerrarse herméticamente de manera apropiada, descrita en este documento. En la Figura 5B se ilustra, también, una serie de vainas 50' así formadas; sin embargo, interconectando las partes tubulares 53 y tejiéndolas como parte de las partes planas 51, hay un tubo 55 que permite el llenado y el vaciado de las vainas 50'.

Vigas de tipos similares tienen utilidades adicionales en el transporte de fluidos mediante las FFCV. A este respecto, se pretende transportar una pluralidad de FFCV juntas con el fin de, entre otras cosas, aumentar el volumen y reducir el coste. Hasta ahora, era conocido el remolcar múltiples recipientes flexibles en tándem, yuxtapuestos o según un diseño. Sin embargo, al remolcar las FFCV yuxtapuestas, hay tendencia a que las fuerzas oceánicas provoquen el movimiento lateral de una FFCV contra otra o a volcarlas. Entre otras cosas, esto puede tener un efecto perjudicial sobre las FFCV. Para reducir la probabilidad de que ocurra tal cosa, entre las FFCV 10 se acoplan separadores de viga 60, de construcción similar a los rigidizadores de viga previamente descritos, a lo largo de las FFCV como se muestra en la Figura 6.

Los separadores de viga 60 podrían unirse mediante un mecanismo sencillo a las FFCV 10, por ejemplo mediante una costura con pasadores o mediante un mecanismo del tipo de desconexión rápida y se inflarían y se desinflarían mediante el uso de válvulas. Las vigas desinfladas, una vez vaciada la carga, podrían enrollarse fácilmente.

Los separadores de viga 60 también aportarían flotación a las FFCV 10 vacías durante las operaciones de enrollamiento, además de las vigas de rigidización 32, si se utilizasen. Si no se utilizasen estas últimas, aquéllas actuarían como medios de flotación principales durante el enrollamiento.

Los separadores de viga 60 actuarán, también, como dispositivo de flotación durante el remolque de las FFCV 10, reduciendo la resistencia y permitiendo, potencialmente, alcanzar mayores velocidades durante el remolque de las FFCV 10 llenas. Estos separadores de viga también mantendrán a la FFCV 10 en una dirección relativamente recta, evitando la necesidad de otros mecanismos de control durante el remolque.

## ES 2 307 742 T3

Los separadores de viga 60 también hacen que las dos FFCV 10 parezcan un catamarán. La estabilidad del catamarán se debe, predominantemente, a sus dos cascos. En este caso se aplican los mismos principios de tal sistema.

La estabilidad se debe al hecho de que, durante el remolque de estas FFCV llenas por el océano, el movimiento de las olas tenderá a empujar una de las FFCV haciéndola balancearse como se ilustra en la Figura 7. Sin embargo, el contenido de la otra FFCV generará una fuerza contraria, que actuará para anular la fuerza de vuelco generada por la primera FFCV. Esta fuerza contraria impedirá que la primera FFCV vuelque al empujarla en dirección contraria. Esta fuerza será transmitida con ayuda de los separadores de viga 60, estabilizando así o corrigiendo automáticamente la disposición.

Como se ha expuesto, es importante distribuir tan uniformemente como sea posible las fuerzas que actúan sobre la FFCV 10. Gran parte de la técnica anterior se enfoca, especialmente, sobre las fuerzas de remolque y contempla la aplicación de refuerzos longitudinales. Esto se trata, típicamente, proporcionando bandas o cuerdas de refuerzo por el exterior de la FFCV.

El presente invento pretende proporcionar una opción mejorada y con menor coste para el refuerzo de las FFCV. El presente invento presenta cierta analogía con lo que se conoce como tela no desgarrable, cuya tela es dotada, como refuerzo, a intervalos predeterminados, de un hilo más grueso y/o más resistente que el utilizado en el resto de la tela. Un ejemplo típico de esto lo constituye la forma en que se construyen los paracaídas. Una estructura de esta clase no sólo es más fuerte y aporta resistencia al desgarre sino que, también, permite reducir el peso total de la tela.

A este respecto, como se ilustra en la figura 2F, el presente invento comprende tejer miembros de tracción 70 y 72 en la tela de la FFCV en, al menos una pero, de preferencia en ambas direcciones principales de la tela a intervalos predeterminados de, posiblemente, 30 a 90 cm (1 a 3 pies). Si bien es preferible que se tejan en ambas direcciones, no es necesario tener la misma resistencia en ambas direcciones de la tela. Puede requerirse una mayor contribución a la resistencia en la dirección longitudinal. Los miembros de tracción pueden ser hilos más gruesos y/o hilos con mayor resistencia específica (resistencia por peso unitario o por sección transversal unitaria) (por ejemplo, de Kevlar<sup>®</sup>, etc.), que los hilos que comprenden la mayor parte del cuerpo del tubo. El miembro puede tejerse de manera única, a intervalos como se ha descrito, o en grupos, a intervalos. Los miembros de tracción de refuerzo pueden ser, también, por ejemplo, cuerda o trenza.

Los miembros de tracción 70 y 72 tejidos de forma entera del invento, reducirán el coste de la FFCV 10 al simplificar mucho su fabricación. Se eliminarán todos los pasos asociados con la medición, corte y unión de miembros de refuerzo. Los refuerzos 70 y 72 tejidos de forma entera contribuirán más, también, a la integridad estructural global de las FFCV dado que pueden posicionarse de manera óptima con independencia de los detalles de fabricación. Además de contribuir a la deseada resistencia a la tracción, los miembros 70 y 72 tejidos de forma entera mejorarán la resistencia al desgarre y reducirán las probabilidades de fallo o la propagación de un fallo al producirse un impacto con desechos flotantes.

Un trabajador experto en la técnica apreciará que la selección del material de refuerzo utilizado y de los intervalos o de la separación seleccionados dependerá, entre otras cosas, de las fuerzas de remolque involucradas, el tamaño de la FFCV, la carga proyectada y cantidad de la misma, las tensiones de los cinturones, junto con los factores de coste y los resultados deseados. La ejecución práctica y la incorporación del material de refuerzo en el tejido integral, pueden conseguirse mediante tecnología textil existente, conocida, por ejemplo en la industria de las telas para la fabricación de papel.

Una forma alternativa de reforzar la FFCV es la representada en las figuras 10-10B. A este respecto, la FFCV puede formarse con una tela tejida 100 que puede tejerse plana, como se muestra en la figura 10. En tal caso, la tela 100 se uniría finalmente para crear un tubo con una costura estanca apropiada en toda su longitud. Puede utilizarse cualquier costura adecuada a tal fin, tal como, por ejemplo, un cierre de cursor estanco, una costura replegada o una disposición de costura con pasadores. Alternativamente, puede tejerse en forma tubular, como se muestra en la figura 10A. La tela sería impermeable y estaría dotada de partes de extremo adecuadas, como se ha descrito con respecto a otras realizaciones en este documento.

Como elemento diferenciador, la tela 100 incluiría bolsas tejidas 102 que pueden correr a lo largo de su longitud, según su circunferencia o en ambas direcciones. En las bolsas 102 estarían contenidos elementos de refuerzo adecuados, 104 y 106 tales como cuerdas, alambres o elementos de otro tipo adecuados a tal fin. El número de bolsas y su separación vendrían determinados por las exigencias de la carga. Asimismo, el tipo y el tamaño de los elementos de refuerzo 104 y 106 situados en las bolsas 102 puede hacerse variar en función de la carga (por ejemplo, fuerza de remolque, tensiones en los cinturones, etc.). El elemento de refuerzo longitudinal 104 se acoplaría, por sus extremos, por ejemplo, a tapas de extremo o barras de remolque adecuadas. Los elementos de refuerzo radiales o circunferenciales 106 tendrían sus respectivos extremos adecuadamente unidos entre sí mediante abrazaderas, trenzados u otros medios adecuados a tal fin.

Mediante la disposición antes mencionada, la carga se aplica principalmente en la FFCV sobre los elementos de refuerzo 104 y 106, reduciéndose en gran parte la carga sobre la tela y permitiéndose así, entre otras cosas, el uso de una tela más ligera. Asimismo, los elementos de refuerzo 104 y 106 actuarán como topes antidesgarro, con el fin de contener los desgarros o los daños producidos en la tela.

## ES 2 307 742 T3

Como se muestra en la figura 10B, una FFCV puede fabricarse en secciones 110 y 112 y construirse con las bolsas 102 antes descritas. Estas secciones 110 y 112 pueden unirse luego entre sí mediante bucles 114 previstos en sus extremos para crear un tipo de costura con pasadores que se impermeabilizaría revistiéndola. También puede utilizarse un cierre de cursor estanco, además de cualquier otra técnica de unión de telas adecuada a tal fin, tal como una costura replegada u otras costuras utilizadas, por ejemplo, en la industria de fabricación del papel. Además, los respectivos miembros de refuerzo 104 se acoplarían entre sí en forma adecuada, con el fin de transmitir la carga entre ellos.

Volviendo ahora a un método de impermeabilizar una estructura tan grande, existen varias formas de conseguirlo.

Unos medios de revestimiento no requieren que la superficie interior sea accesible. Estos medios utilizarían un forro o película barata (tal como polietileno). Esta película o forro no pegajoso se insertaría en la superficie interior del tubo durante el proceso de tejeduría. Ello puede conseguirse parando el telar mientras se está tejiendo la sección tubular e insertando la película en el tubo accediendo para ello entre los hilos de urdimbre situados entre la tela ya tejida y la barra de batido del telar. Este proceso de inserción tendría que repetirse, probablemente, muchas veces durante el proceso de tejeduría con el fin de forrar la superficie interna del tubo. Una vez insertada la película en la superficie interna del tubo, se cierra la estructura y toda ella puede revestirse por inmersión, por pulverización o por algún otro medio tal que la tela tejida de base se impregne con el revestimiento deseado. La estructura impregnada con resina se cura hasta el punto de que, a través de una abertura realizada en la superficie del tubo, pueda retirarse la película, inflarse el tubo total o parcialmente mediante aire comprimido y, de ser necesario, completarse el proceso de curado. La película sirve para impedir que la resina de revestimiento adhiera la superficie interna del tubo de uno y otro lados.

Otro método de revestir el tubo consiste en revestir por inmersión o por pulverización toda la estructura sin prever medios para evitar que las superficies internas del tubo entren en contacto, es decir, sin forrar la superficie interna del tubo con una película o un forro. Es posible tejer una estructura tal que el revestimiento no atraviese la tela por completo pero que penetre en la tela tejida hasta el punto de que el revestimiento se adhiera a la tela. Esta solución permite revestir la estructura y crear un tubo revestido sin preocuparse de que las superficies internas se adhieran unas a otras.

Otra solución supone el uso de un diseño de la tela tal que el revestimiento atraviese la tela y las superficies internas se unan entre sí al revestirlo. En este caso, se insertaría una pieza del tamaño de un pozo de registro, de película de metal o de plástico entre las superficies internas del tubo antes de revestirlo y antes o después de cerrar los extremos del tubo. Si se hace después, esta pieza de película de metal o de plástico se insertaría a través de un pequeño orificio cortado en el tubo tejido. Tras el revestimiento, se introduciría o conectaría una conducción de aire comprimido al espacio creado entre la película de metal o de plástico y la superficie revestida del tubo. Este aire comprimido sería utilizado para forzar a las dos superficies internas del tubo a separarse una de otra, es decir, para expandir el tubo. Al hacerlo, el revestimiento que une ambas superficies del tubo caería, desprendiéndose, hasta que todas las superficies internas del tubo se liberasen unas de otras. Esta solución exige el empleo de una resina de revestimiento que pueda caer fácilmente en un modo de desprendimiento. Si bien las resinas de revestimiento están diseñadas, usualmente, para soportar el desprendimiento, las resinas curables son susceptibles de fallar desprendiéndose cuando están curadas sólo parcialmente. El presente invento contempla un proceso mediante el cual se revista la estructura tubular, se cure el revestimiento parcialmente de tal modo que no sea capaz de fluir, aplicándose entonces fuerzas mientras el revestimiento es susceptible de fallar desprendiéndose, de tal manera que las superficies internas se liberen unas de otras. Si se desea, puede revestirse, entonces, el interior del tubo expandido.

Otro método de revestir el tubo consiste en aplicar el revestimiento por pulverización a la estructura mientras se toman medidas para garantizar que las superficies internas del tubo no estén en contacto entre ellas. Una forma de conseguir esto es inflar el tubo con aire y revestir la estructura mientras el aire mantiene separadas las superficies internas. Este método depende de que la estructura tejida tenga una baja permeabilidad al aire, de tal modo que pueda inflarse el tubo introduciendo una conducción de aire comprimido en el tubo. Alternativamente, se puede montar un andamiaje en el interior del tubo. Tal andamiaje podría estar constituido por una estructura de soporte metálica o una estructura de tubos rígida o semirrígida o de tipo ceñido (con o sin membrana a su alrededor) que se aproxime al diámetro interior del tubo y que puede dimensionarse para permitir su desplazamiento de una sección ya revestida a otra por revestir. El andamiaje podría ser, también, un tubo o un arco inflable situado en el interior del tubo. Los andamiajes de este tipo se colocarían en el interior del tubo a través de un punto de acceso del tamaño de un pozo de registro, que se corta en la superficie del tubo tejido. Una vez en su sitio el andamiaje, puede ser adecuado aplicar el revestimiento de la estructura por pulverización sobre la superficie desde el exterior del tubo, desde el interior o desde el interior y el exterior del tubo simultáneamente.

Obsérvese que el método que utiliza el tubo o el arco inflado puede emplear, realmente, las vigas de rigidización previamente descritas. A este respecto, dichas vigas podrían impermeabilizarse primero revistiéndolas y, luego, inflarse para mantener la forma del tubo expandido. Entonces, puede realizarse el revestimiento tanto de la superficie interna como de la superficie externa del tubo.

Se contempla todavía otro método de revestimiento. A este respecto, se fabrica, de un material impermeable, un saco elástico que tenga una circunferencia exterior ligeramente menor que la circunferencia interior del tubo. Su longitud axial sería igual a la totalidad o a parte de la longitud del tubo. La superficie exterior del saco tendría las características de "liberación o no adherencia" con respecto a la resina u otro material que se utilice para revestir

## ES 2 307 742 T3

y/o impregnar el tubo. Esto puede conseguirse seleccionando el material apropiado para el saco propiamente dicho o aplicando un revestimiento al exterior del tubo. Se coloca el saco dentro del tubo y se infla entonces con un gas o un líquido para expandirlo contra la superficie interna del tubo. La circunferencia del saco, inflado, es tal que aplique una tensión circunferencial al tubo a lo largo de toda la longitud axial del saco. Puede aplicarse entonces un revestimiento al exterior del tubo en el área en que es sostenido por la tensión circunferencial del saco. La aplicación del revestimiento puede hacerse a mano, por pulverización o mediante cualquier otra técnica de aplicación conocida. Si la longitud axial del saco es menor que la longitud axial del tubo, puede desinflarse el saco tras la aplicación del revestimiento y se puede volver a colocarlo en un tramo todavía sin revestir del tubo, repitiéndose entonces las operaciones. Debido a la superficie “de liberación o no adherente”, el saco no se “pega” al revestimiento que pueda atravesar la pared del tubo. Una vez que se ha revestido toda la dimensión circunferencial y axial del tubo, se retira el saco. En este punto, si se desea revestir el interior del tubo, éste puede montarse y cerrarse por sus extremos, e inflarse. Puede revestirse ahora el interior del tubo. Obsérvese que, en todos los casos en que el tubo se revista por el interior y por el exterior, los revestimientos utilizados en cada cara deben ser compatibles para lograr una unión apropiada.

Aún otro método más de revestir el tubo pone en práctica una solución que incluye un material compuesto termoplástico. En este enfoque, el tubo se teje a partir de una mezcla de, al menos, dos materiales fibrosos. Un material sería la fibra de refuerzo y el segundo material sería una fibra con bajo punto de fusión o un componente con bajo punto de fusión de una fibra de refuerzo. La fibra o el componente con bajo punto de fusión podría ser polietileno o poliuretano termoplástico. La fibra de refuerzo podría ser cordón de poliéster o de nilón para neumáticos o una de las otras fibras descritas en lo que antecede. El tubo sería sometido a calor y presión en forma controlada. Este calor y esta presión harían que el componente o la fibra con bajo punto de fusión se fundiese y rellenase los huecos de la estructura tejida. Después de haber cesado el calor y la presión y de enfriada la estructura, se obtendría una estructura de material compuesto en la que el componente o la fibra con bajo punto de fusión se ha convertido en la matriz para la fibra de refuerzo. Esta solución exige la aplicación de calor y presión al tiempo que, también, proporciona medios para impedir que las superficies internas del tubo se adhieran o se peguen térmicamente entre sí.

Las figuras 8 y 9 muestran un dispositivo 71 que puede aplicar calor y presión al tubo 12. El dispositivo 71 puede ser autopropulsado o puede moverse mediante la acción de cables de tracción externos. Cada sección 73 y 74 del dispositivo incluye placas calientes o de calentamiento con respectivos imanes 76 y motores (no mostrados) y está posicionada a cada lado de la tela, como se muestra en la figura 9. Se prevé una fuente de alimentación (no mostrada) para activar las placas de calentamiento 76 y para alimentar energía a los motores que impulsan el dispositivo a través del tubo 12. Los imanes sirven para tirar de las dos placas calientes 76 para reunir las, sometiendo a presión a la tela con lo que el revestimiento del hilo se licúa debido al calor. Estos imanes también mantienen a la placa de calentamiento 76 superior, en oposición a la placa de calentamiento 76 inferior. El dispositivo 71 incluye correas sinfín 78 no pegajosas que corren sobre rodillos 80 situados en los extremos de las placas. Las correas corren sobre las placas 76. De esta forma, no se produce movimiento alguno de la correa 78 con relación a la superficie de la tela cuando se encuentra en contacto con ella. Esto elimina el corrimiento del revestimiento fundido y logra su distribución uniforme entre los hilos. El dispositivo se desplaza a lo largo del tubo 12 a una velocidad tal que permite que el revestimiento fundido cure antes de que la tela se pliegue sobre sí misma y se pegue. Si se desean velocidades más altas, pueden incorporarse en la práctica medios para mantener temporalmente separadas las superficies internas mientras tiene lugar el curado. Pueden consistir, por ejemplo, en un miembro trasero en el interior del tubo, de diseño similar al descrito pero con sólo una sección sin, naturalmente, placa de calentamiento ni imán. Otros medios adecuados para este propósito les resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica.

Como parte del procedimiento de revestimiento se pretende utilizar un revestimiento espumado por el interior o por el exterior, o por ambas superficies del tubo. Un revestimiento espumado proporcionaría flotabilidad a la FFCV, en especial a una FFCV vacía. Una FFCV construida de materiales tales como, por ejemplo, nilón, poliéster y caucho tendría una densidad mayor que la del agua salada. A consecuencia de ello, la FFCV vacía o partes vacías de una FFCV de gran tamaño, se hundirían. Este hundimiento podría tener como consecuencia la imposición de elevadas tensiones sobre la FFCV y podría causar dificultades importantes al manejar la FFCV durante su llenado y su vaciado. El uso de un revestimiento de espuma proporciona medios alternativos o adicionales para aportar flotabilidad a la FFCV, con respecto a lo descrito en lo que antecede.

Asimismo, en vista de la naturaleza cerrada de la FFCV, si se pretende transportar agua dulce, como parte del procedimiento de revestimiento de su interior, puede preverse un revestimiento que incluya un agente germicida o un fungicida, con el fin de evitar la aparición de bacterias o moho u otros contaminantes.

Además, dado que la luz solar también ejerce un efecto degradante sobre la tela, a este respecto la FFCV puede incluir, como parte de su revestimiento, un ingrediente protector contra la radiación UV, o bien puede incluirlo la fibra utilizada para fabricar la FFCV.

Aunque en este documento se han ilustrado y descrito con detalle realizaciones preferidas, su alcance no debe considerarse limitado por ello sino que debe estar determinado por el de las reivindicaciones adjuntas.

# ES 2 307 742 T3

## REIVINDICACIONES

1. Una embarcación flexible (10) para contener fluidos, para el transporte y/o la contención de una carga que comprende un fluido o un material fluidificable, cuya embarcación (10) comprende:
- una estructura tubular alargada (12), flexible, de tela tejida sin costura;
- medios para impermeabilizar dicha estructura tubular (12);
- teniendo dicha estructura tubular (12) un extremo delantero (14) y un extremo trasero (16);
- medios para cerrar herméticamente dicho extremo delantero (14) y dicho extremo trasero (16);
- medios (31) para llenar con carga dicha embarcación (10) y para vaciarla; y
- al menos, una viga de rigidización longitudinal flexible (32) posicionada a lo largo de un tramo de dicha estructura tubular (12) para amortiguar la oscilación no deseada de la citada estructura tubular (12), siendo dicha viga de rigidización enteriza con la mencionada estructura tubular (12) al estar tejida como parte del tubo y destinada a ser puesta a presión con aire o con otro medio, o a ser mantenida dentro de una manga tejida sin costuras con dicha estructura tubular (12) a lo largo de un tramo de la misma, y que es puesta a presión y descomprimida.
2. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye al menos dos vigas de rigidización longitudinales (32), situadas en posiciones mutuamente equidistantes en la estructura tubular (12).
3. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 2, que incluye una tercera viga de rigidización longitudinal (38) situada en posición entre las dos vigas de rigidización longitudinales (32), estando posicionada dicha tercera viga (38) con el fin de proporcionar un lastre cuando está llena.
4. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye al menos una viga de rigidización circunferencial (36) flexible posicionada alrededor de una circunferencia de la estructura tubular (12) y formada de una sola pieza con ella y que es puesta a presión y descomprimida.
5. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 4, que incluye una pluralidad de dichas vigas de rigidización (32, 36).
6. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 5, que incluye al menos dos vigas de rigidización longitudinales situadas en posiciones mutuamente equidistantes en la estructura tubular (12), que son mantenidas en mangas respectivas.
7. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 5, en la que dichas vigas de rigidización son continuas y dichas mangas son continuas.
8. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 4, en la que dichas vigas de rigidización (32, 36) son continuas.
9. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 4, en la que dicha viga de rigidización (32, 36) está hecha en secciones.
10. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye al menos dos embarcaciones (10) situadas en relación de yuxtaposición, una pluralidad de separadores (60) de viga posicionados entre dichas dos embarcaciones (10) y acoplados a ellas, estando fabricados dichos separadores (60) de viga de material flexible y siendo puestos a presión y descomprimidos.
11. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 10, en la que dichos separadores (60) de vigas están hechos de material tejido.
12. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1, en la que los medios para cerrar herméticamente el extremo delantero (14) incluyen aplastar, plegar y cerrar herméticamente el extremo delantero (14) de la estructura tubular (12) de tal manera que se cree una estructura a modo de proa en el extremo delantero (14), perpendicular a la superficie del agua en que flota la embarcación (10).
13. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 12, en la que dichos medios para cerrar herméticamente dicho extremo delantero (14) incluyen, además, asegurar mecánicamente el citado extremo delantero (14).
14. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 12, en la que dichos medios para cerrar herméticamente dicho extremo trasero (16) incluyen aplastar, plegar y cerrar herméticamente dicho extremo trasero (16) de la estructura tubular (12).

## ES 2 307 742 T3

15. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 14, en la que dichos medios para cerrar herméticamente dicho extremo trasero (16) incluyen, además, asegurar mecánicamente dicho extremo trasero (16).

5 16. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 14, en la que el extremo trasero (16) está en un plano y el extremo delantero (14) está en un plano ortogonal con respecto al plano del extremo trasero.

10 17. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende medios para reforzar la estructura tubular (12) tejiéndolos como parte integrante de la tela de sus elementos de refuerzo (102, 104) a intervalos predeterminados a lo largo de la longitud de la estructura tubular (12).

10 18. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 17, en la que dichos medios de refuerzo (102, 104) comprenden, además, tejerlos como parte integrante de los elementos de refuerzo (102, 104) de la tela, a intervalos predeterminados a lo largo de la circunferencia de la estructura tubular (12).

15 19. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 17, en la que dicha tela incluye una pluralidad de bolsas longitudinales formadas de una pieza con ella, que contienen elementos de refuerzo longitudinales (102, 104) respectivos, situados en posición a lo largo de un tramo de dicha estructura tubular (12), para reforzar dicha tela y recibir una fuerza longitudinal sobre ellos.

20 20. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 19, en la que dicha tela es continua y sin costuras.

21. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 19, en la que dicha tela está fabricada en secciones que se unen juntas.

25 22. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 19, en la que dicha tela incluye una pluralidad de bolsas circunferenciales que tienen respectivos elementos de refuerzo circunferenciales (102, 104) situados en posición en ella en torno a una circunferencia de la estructura tubular (12) y formados de una pieza con ella.

30 23. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 20, en la que dicha tela incluye una pluralidad de bolsas circunferenciales que tienen respectivos elementos de refuerzo circunferenciales (102, 104) situados en posición en ella en torno a una circunferencia de la estructura tubular (12) y formados de una pieza con ella.

35 24. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 21, en la que dicha tela incluye una pluralidad de bolsas circunferenciales que tienen respectivos elementos de refuerzo circunferenciales (102, 104) situados en posición en ellas en torno a una circunferencia de la estructura tubular (12) y formados de una pieza con ella.

40 25. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 17 o la reivindicación 18, en la que el elemento de refuerzo (102, 104) se toma del grupo que consiste, esencialmente, en hilos de mayor tamaño que los hilos que constituyen la mayoría de la estructura tubular (12), hilos con una resistencia específica mayor que la de los hilos que constituyen la mayoría de la estructura tubular (12), cuerdas y trenzas.

45 26. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que los medios (51) para cerrar herméticamente un extremo (14, 16) de la estructura tubular (12) comprenden aplastar el extremo sobre sí mismo hasta conseguir una estructura plegada, aplanada (51), cerrarlo herméticamente y asegurarlo mecánicamente.

45 27. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que los medios (51) para cerrar herméticamente un extremo de la estructura tubular (12) comprenden una tapa de extremo (30') hecha de material rígido, asegurada al perímetro de la estructura tubular (12) que define su circunferencia, con el fin distribuir uniformemente las fuerzas (F) sobre él.

50 28. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 26, que incluye proporcionar una costura con pasadores (26) en un extremo (14, 16) con el fin de permitir el acoplamiento a ella de una barra de remolque o de otra embarcación (10).

55 29. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que los medios (51) para cerrar herméticamente un extremo (14, 16) incluyen aplastar, plegar y cerrar herméticamente un extremo (51) de la estructura tubular (12) de tal forma que la anchura del extremo aplastado y plegado sea, aproximadamente, igual al diámetro de la estructura tubular (12).

60 30. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 29, que incluye un miembro (22) de lengüeta rígida que está contorneado para casar con el extremo de la estructura tubular (12) y al que está unido en relación de obturación el extremo (14) de la estructura tubular (12).

65 31. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 30, en la que los medios (31) para el vaciado y el llenado de la carga están situados en el miembro de lengüeta (22).

32. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que la estructura tubular (12) tiene forma de vaina con al menos un extremo aplastado y cerrado herméticamente e incluye una viga de rigidización flexible, vertical, en el citado extremo, que es puesta a presión y descomprimida.

## ES 2 307 742 T3

33. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que la estructura tubular (12) está tejida con refuerzos de fibras, tomándose el tejido empleado del grupo que consiste, esencialmente, en tejido plano (1x1); tejidos de esterilla, incluyendo 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1; tejidos de sarga, incluyendo 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1, y tejidos de raso, incluyendo 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 y 6x1.

5

34. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 33, en la que los refuerzos de fibras están hechos de un material tomado del grupo que consiste, esencialmente, en: nilón, poliésteres, poliaramidas, poliolefinas y polibenzoxazoles.

10

35. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que la estructura tubular (12) está tejida con refuerzos de fibras que están hechos de un material tomado del grupo que consiste, esencialmente, en: nilón, poliésteres, poliaramidas, poliolefinas y polibenzoxazoles.

15

36. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17 o la reivindicación 34, en la que dichos medios para impermeabilizar dicha estructura tubular (12) incluyen un material de revestimiento en la tela, por una o por ambas caras de la misma.

20

37. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 36, en la que dicho material de revestimiento está tomado del grupo que consiste, esencialmente, en: poli(cloruro de vinilo), poliuretano, cauchos naturales y sintéticos, poliureas, poliolefinas, polímeros de silicona, polímeros acrílicos o derivados en espuma de los mismos.

25

38. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, en la que los medios para impermeabilizar la estructura tubular (12) incluyen tejer la estructura tubular (12) con, al menos, dos materiales, siendo uno una fibra de refuerzo y siendo el otro una fibra de bajo punto de fusión o un componente de bajo punto de fusión de la fibra de refuerzo, de tal manera que un tratamiento de la misma haga que el componente o la fibra con bajo punto de fusión llene los huecos de la tela.

30

39. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 34 o la reivindicación 37, en la que los medios para impermeabilizar la estructura tubular (12) incluyen tejer la estructura tubular (12) con, al menos, dos materiales, siendo uno una fibra de refuerzo y siendo el otro una fibra con bajo punto de fusión o un componente con bajo punto de fusión de la fibra de refuerzo, de tal manera que un tratamiento de la misma haga que el componente o la fibra con bajo punto de fusión llene los huecos de la tela.

35

40. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 17, que comprende, además:

al menos dos estructuras tubulares flexibles, alargadas (12) de tela tejida sin costuras; y

40

medios para conectar dichas estructuras tubulares (12) entre sí en una serie que comprenden una tela tejida plana, sin costuras con dichas estructuras tubulares (12) y posicionados entre ellas.

45

41. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 40, en la que dichos medios (31) de llenado y de vaciado, comprenden un tubo tejido sin costuras con dichas estructuras tubulares (12), que permite la comunicación de fluido entre ellas.

50

42. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 41, en la que dichos medios (31) de llenado y de vaciado comprenden, además, un tubo tejido sin costuras con un extremo delantero (14) respectivo de una de las estructuras tubulares (12) y un extremo trasero (16) respectivo de la otra de las estructuras tubulares (12).

43. La embarcación de acuerdo con la reivindicación 40, en la que las estructuras tubulares (12) tienen forma de vaina.

55

44. Un método de revestir una estructura tubular flexible alargada (12) de tela tejida sin costuras para una embarcación flexible (10) para contener fluidos, como se reivindica en la reivindicación 1, que tiene un interior y un exterior, teniendo dicha estructura tubular (12) una longitud mayor que 60 metros (200 pies), que comprende los pasos de:

tejer una tela para crear la estructura tubular alargada (12) con extremos abiertos;

revestir la superficie exterior con un material que tenga un modo de fallo por desprendimiento;

60

cerrar herméticamente los extremos abiertos de la estructura tubular (12); e

inflar la estructura tubular (12) con el fin de separar cualesquiera partes del interior de la estructura tubular que se hayan adherido entre sí como resultado del paso del revestimiento desde el exterior al interior.

65

45. Un método de acuerdo con la reivindicación 44, que incluye el paso de revestir el interior de la estructura tubular (12) después de haber revestido el exterior.

## ES 2 307 742 T3

46. El método de acuerdo con la reivindicación 45, que incluye el paso de proporcionar un germicida o un fungicida en el interior de la estructura tubular (12).

5 47. El método de acuerdo con la reivindicación 45, que incluye el paso de proporcionar un ingrediente protector contra la radiación ultravioleta en el exterior de la estructura tubular (12).

48. Un método de revestir una estructura tubular flexible alargada (12) de tela tejida sin costuras para una embarcación flexible (10) para contener fluidos, como se reivindica en la reivindicación 1, que tiene un interior y un exterior, teniendo dicha estructura tubular (12) una longitud mayor que 60 metros (200 pies), que comprende los pasos de:

10 tejer una tela para crear la estructura tubular alargada (12) con extremos abiertos;  
proporcionar medios para evitar que el interior de la estructura tubular (12) entre en contacto con él mismo durante el revestimiento; y  
15 revestir el interior o el exterior de la estructura tubular (12).

49. El método de acuerdo con la reivindicación 48, en el que los medios para evitar el contacto incluyen:  
20 insertar un forro en el interior de la estructura tubular (12) que evite que el interior de la estructura tubular (12) se adhiera a él mismo; y  
dicho método comprende, además, los pasos de cerrar herméticamente los extremos abiertos de la estructura tubular (12) curando el revestimiento hasta el punto de poder inflar la estructura tubular (12);  
25 retirar el forro de la estructura tubular (12), e  
inflar la estructura tubular (12).

50. Un método de acuerdo con la reivindicación 48, que incluye el paso de revestir tanto el interior como el exterior de la estructura tubular (12).

51. Un método de acuerdo con la reivindicación 48, que incluye el paso de tejer la tela de tal manera que tenga una baja permeabilidad al aire; cerrar herméticamente los extremos abiertos e inflar la estructura tubular (12) para evitar que el interior entre en contacto con él mismo durante el revestimiento.

52. Un método de acuerdo con la reivindicación 48, en el que los medios para evitar el contacto comprenden un andamiaje, arcos inflados o sacos inflados o sacos posicionados dentro de la estructura tubular (12).

53. Un método de acuerdo con la reivindicación 48, en el que los medios para evitar el contacto comprenden vigas de rigidización flexibles tejidas de una sola pieza con la estructura tubular (12), que son puestas a presión.

54. Un método de fabricar una estructura tubular flexible alargada, impermeable (12) de tela tejida sin costuras para una embarcación flexible (10) para contener fluidos, como se reivindica en la reivindicación 1, que tiene un interior y un exterior, teniendo dicha estructura tubular (12) una longitud mayor que 60 metros (200 pies), que comprende los pasos de:

tejer una tela para crear la estructura tubular alargada (12) con extremos abiertos;  
tejer, como parte de su tela, una fibra con bajo punto de fusión o un componente de la misma con bajo punto de fusión;  
50 proporcionar un dispositivo que aplique calor y presión a la tela para hacer que la fibra o su componente con bajo punto de fusión se funda y cree una estructura en la que los huecos de la tela estén rellenos; e  
55 impedir que el interior se adhiera a sí mismo hasta que haya curado la estructura así formada.

55. Un método de acuerdo con la reivindicación 54, en el que el dispositivo que aplica calor y presión, comprende:  
una primera sección que tiene un miembro de calentamiento y un miembro de imán y medios para mover dicha primera sección;  
60 una segunda sección que tiene un miembro de calentamiento y un miembro de imán y medios para mover dicha segunda sección; y

65 en el que dicha primera sección se sitúa en posición en el interior de la estructura tubular (12), posicionándose dicha segunda sección por fuera de la estructura tubular (12) y en oposición a dicha primera sección, de tal modo que la tela que pase entre ellas esté sometida al calor generado por los miembros de calentamiento y a la presión generada por los imanes que atraen las secciones una hacia otra mientras se mantienen las secciones en posición.

## ES 2 307 742 T3

56. Un método de acuerdo con la reivindicación 54, en el que el dispositivo incluye medios para evitar que la tela se pegue a las secciones, que comprenden una superficie no pegajosa contemporánea con los elementos de calentamiento.

57. Un método de acuerdo con la reivindicación 56, en el que la superficie no pegajosa comprende una correa no pegajosa que se desplaza al mismo tiempo que las secciones.

58. La embarcación de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 43, cuya embarcación incluye un interior y un exterior, y dicha embarcación incluye, además, un germicida o un fungicida en el interior de la citada estructura tubular (12).

59. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 43, cuya embarcación incluye un interior y un exterior y, además, incluye un ingrediente protector de la radiación ultravioleta en el exterior de la estructura tubular (12).

15

20

25

30

35

40

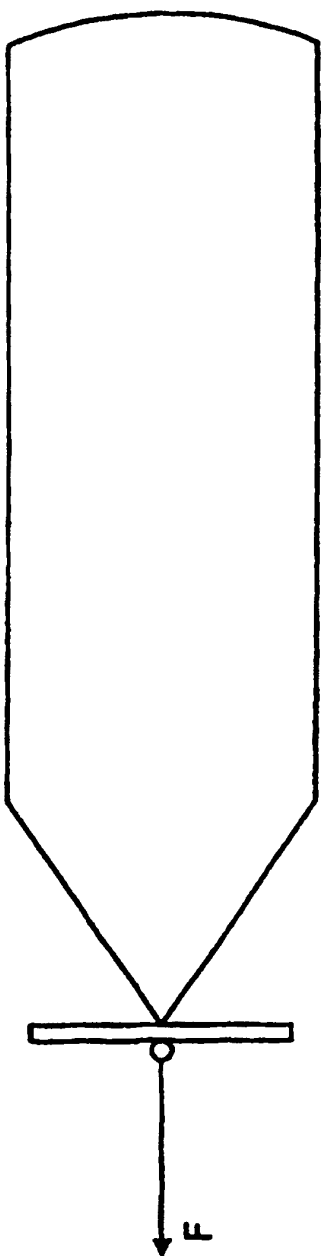
45

50

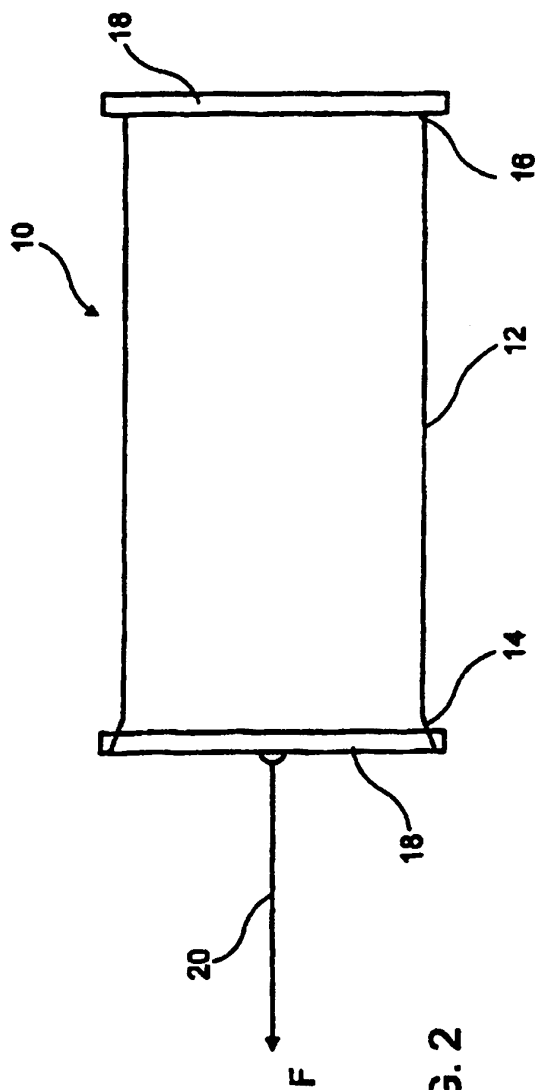
55

60

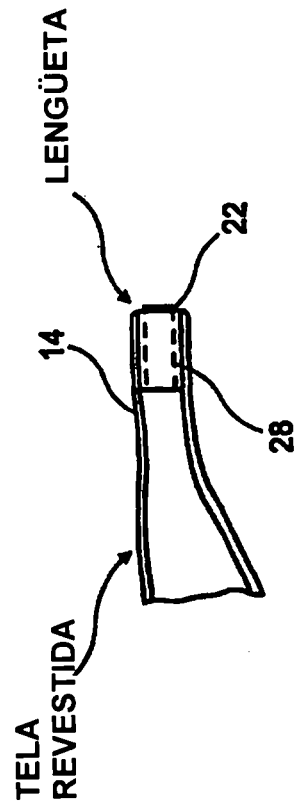
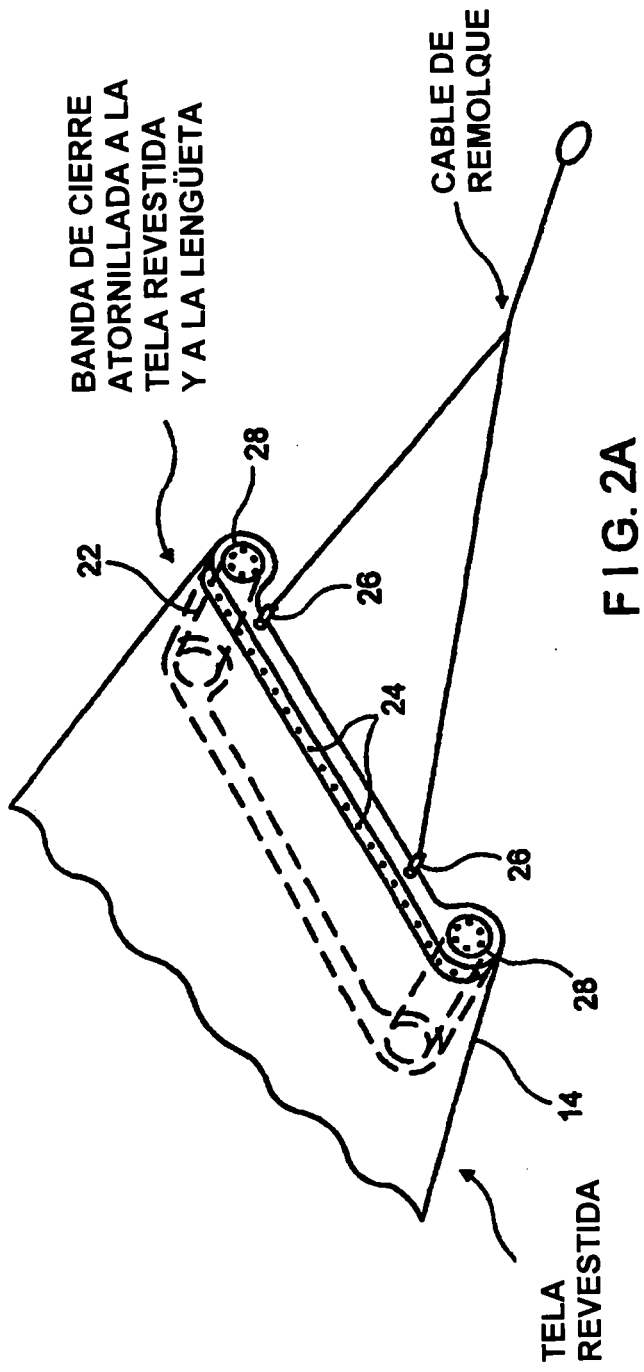
65



**FIG. 1**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 2**



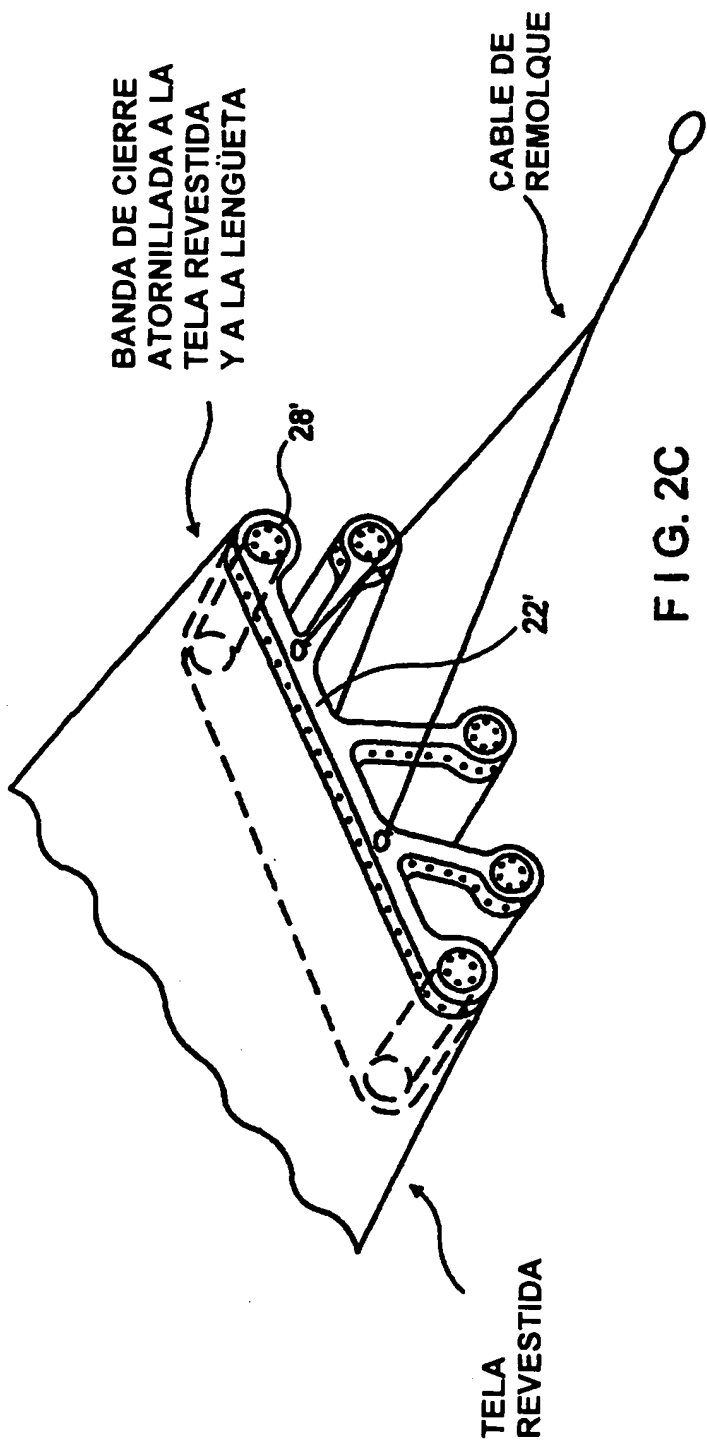


FIG. 2C

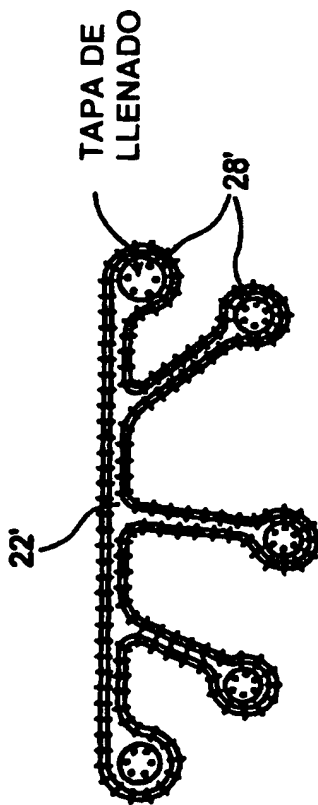


FIG. 2D

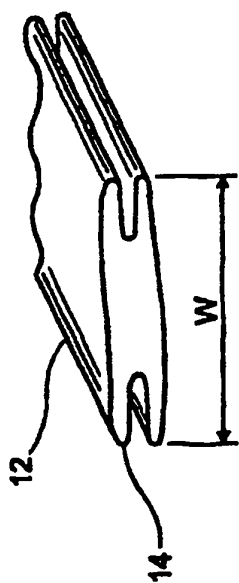


FIG. 2E

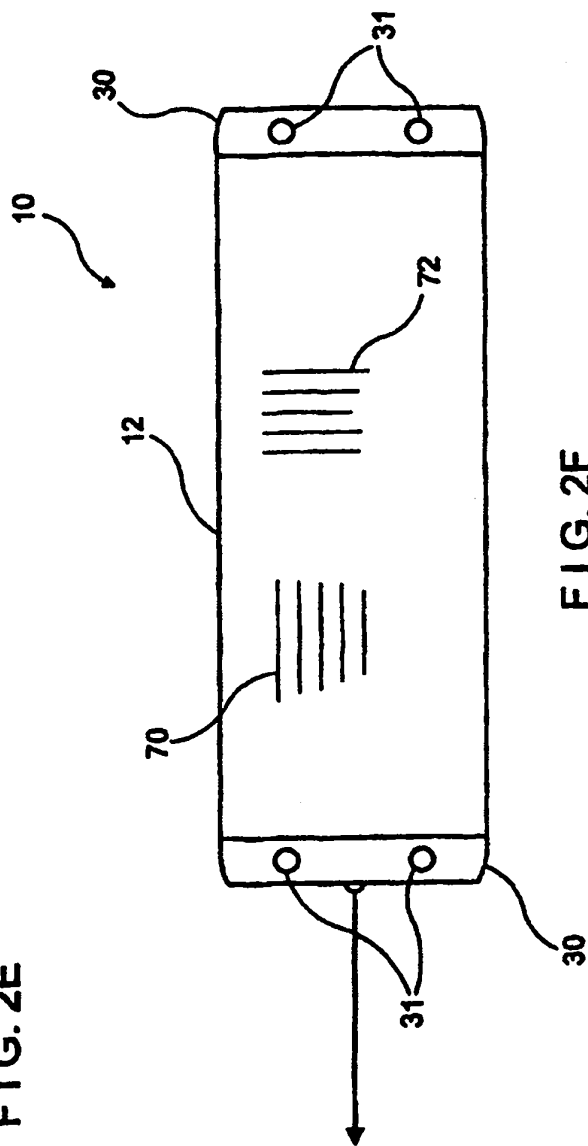


FIG. 2F

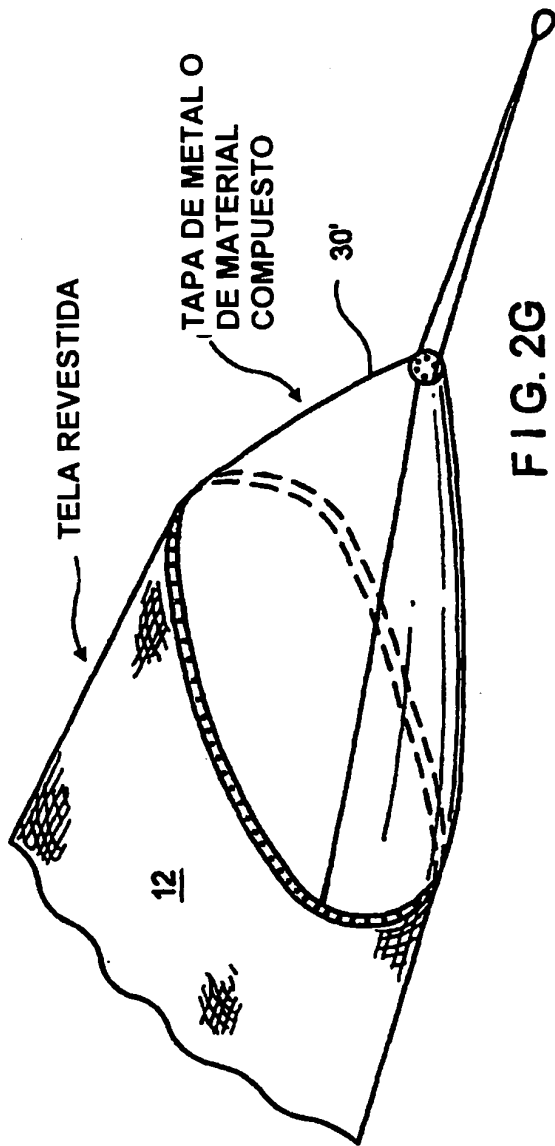


FIG. 2G

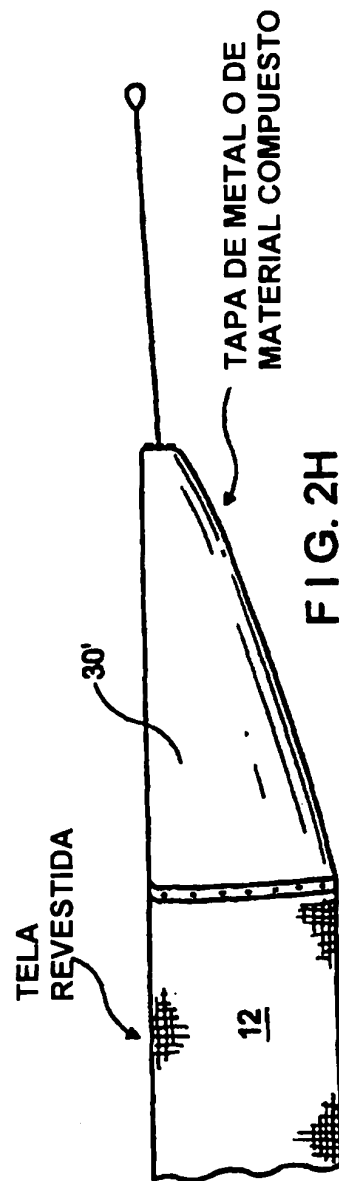


FIG. 2H

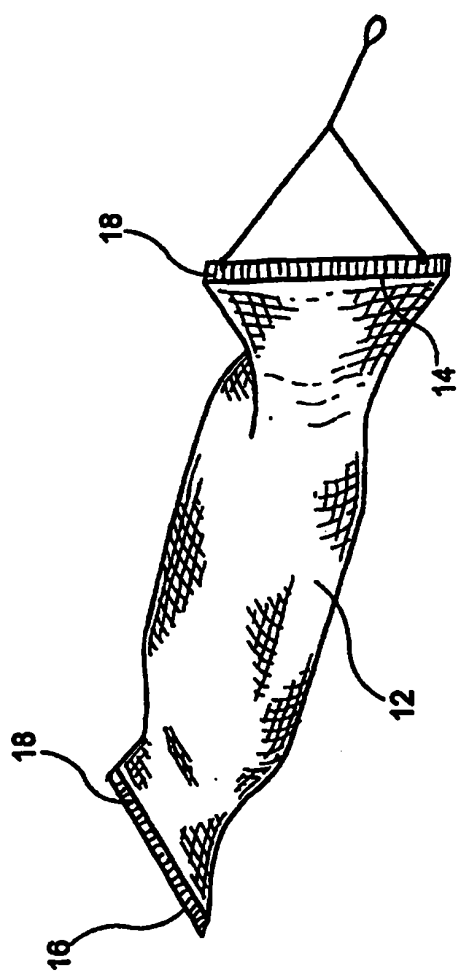


FIG. 2I

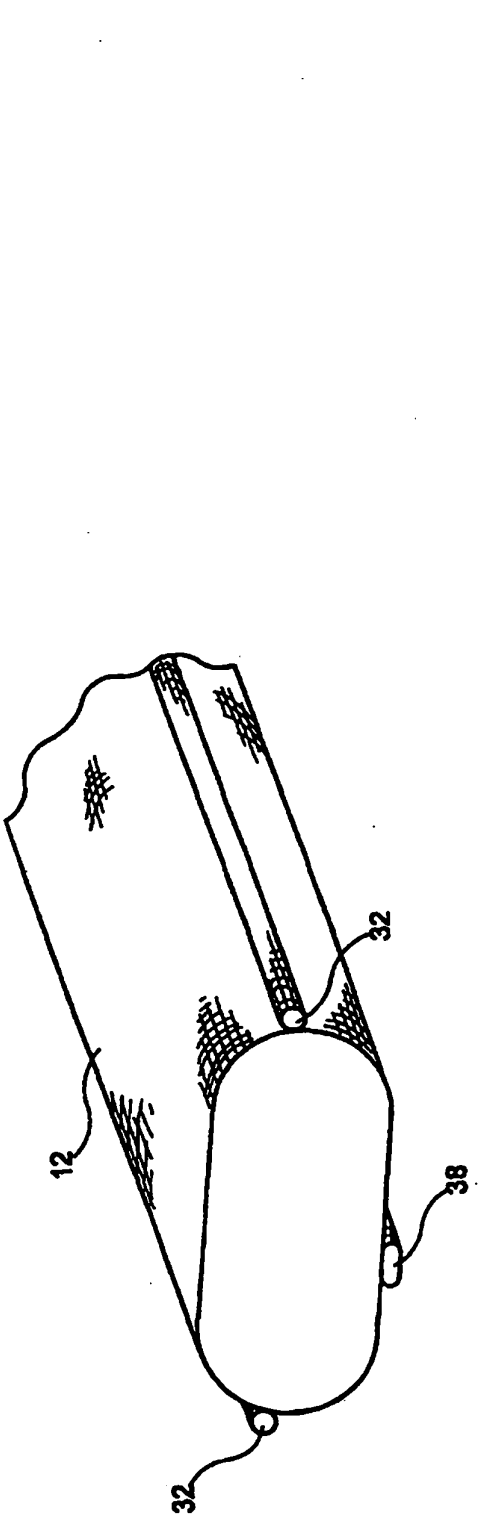


FIG. 3

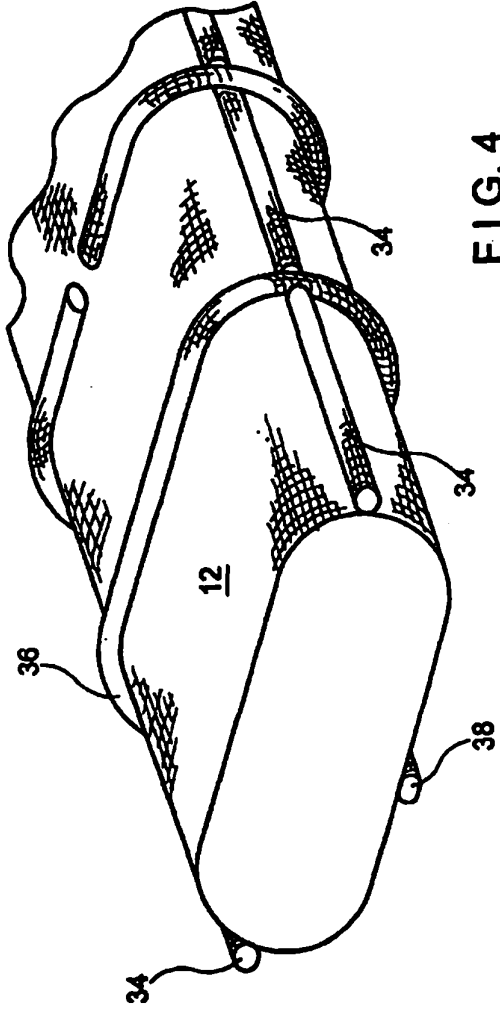


FIG. 4

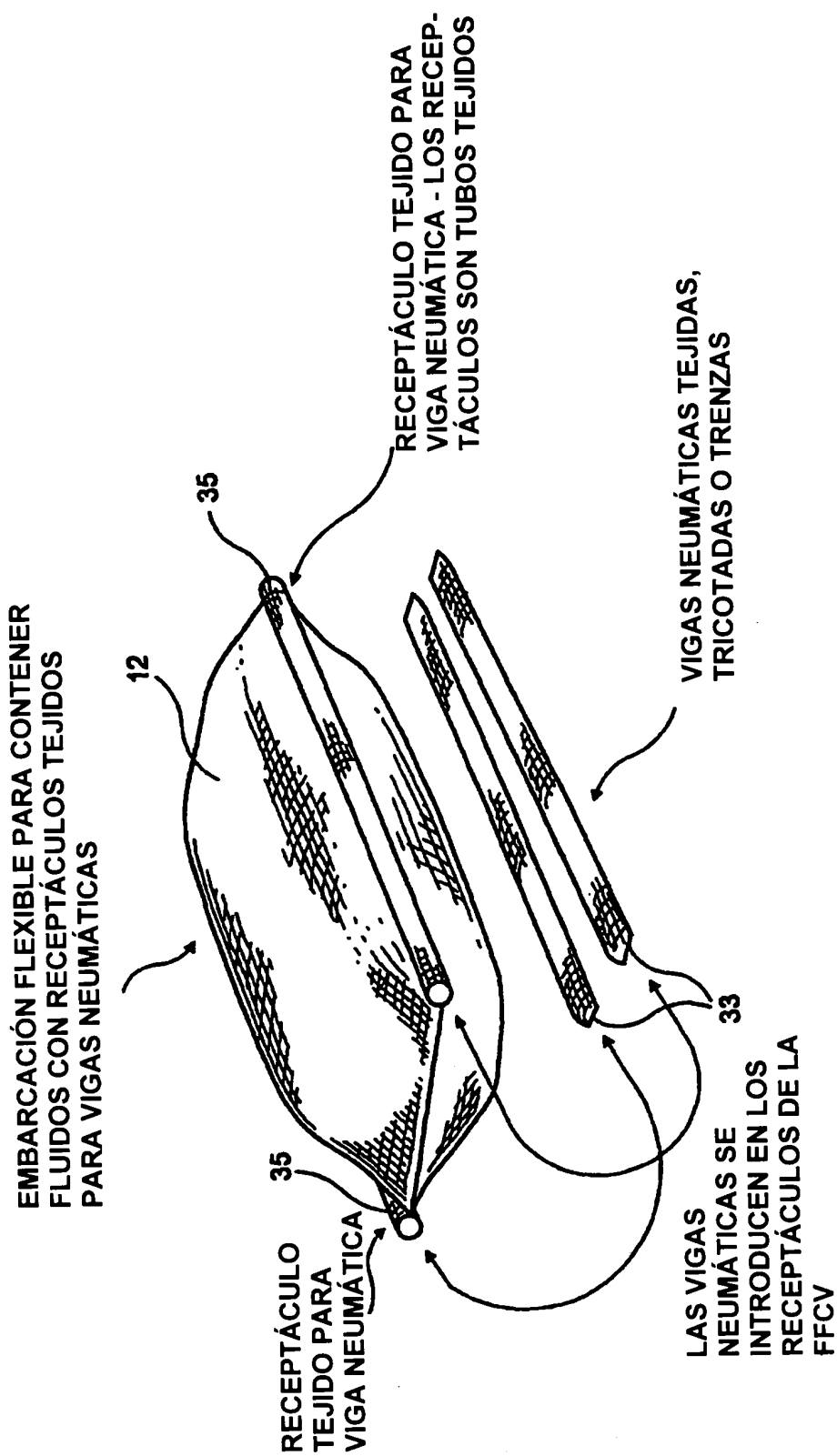


FIG. 3A

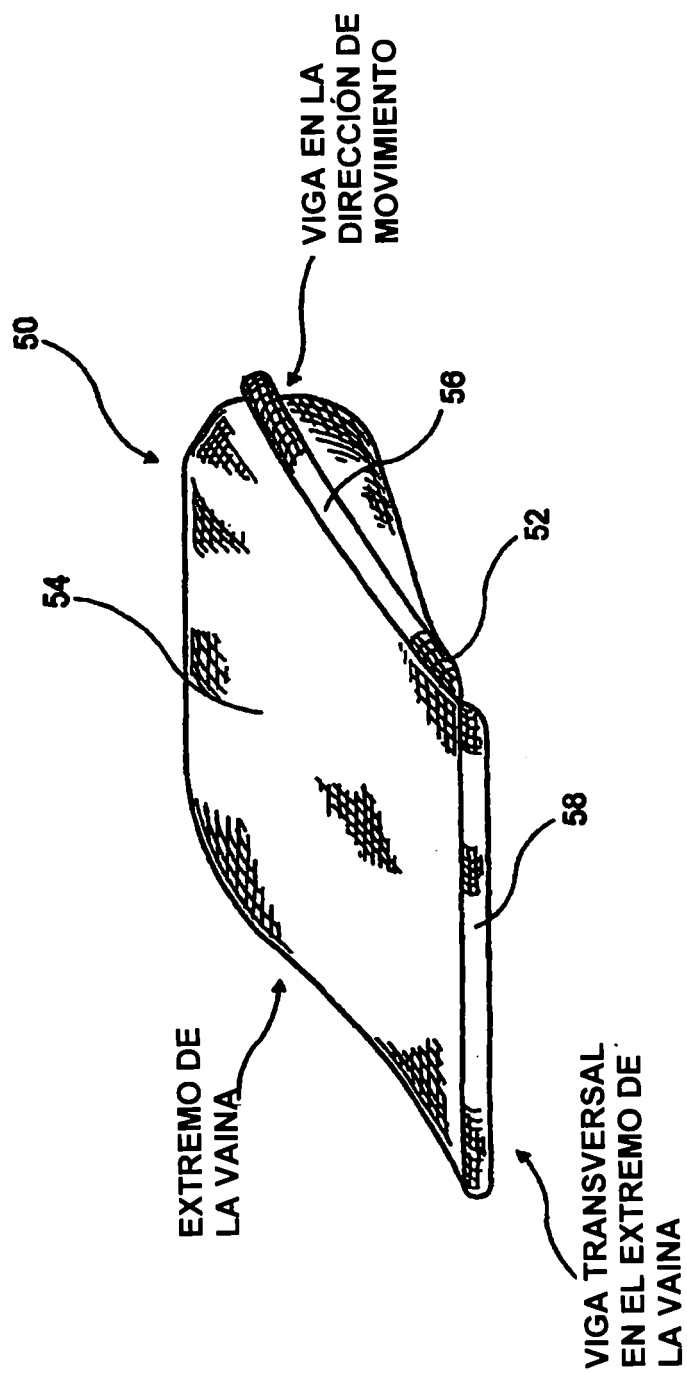


FIG. 5

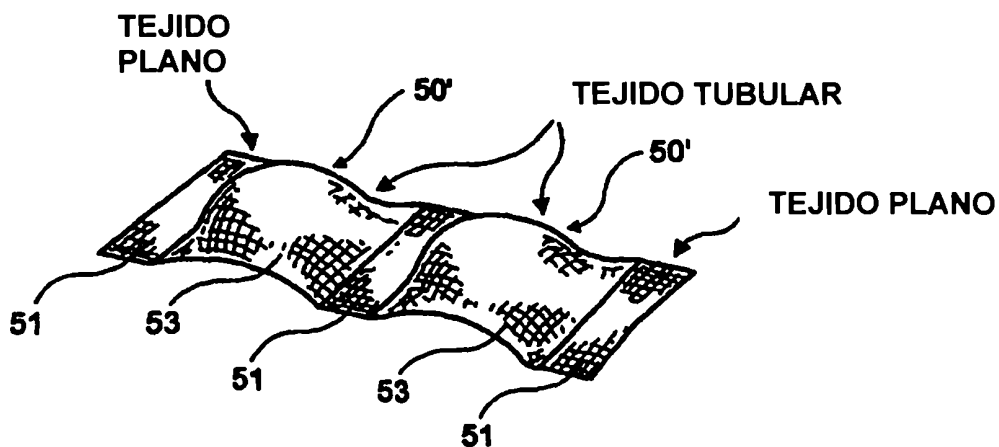
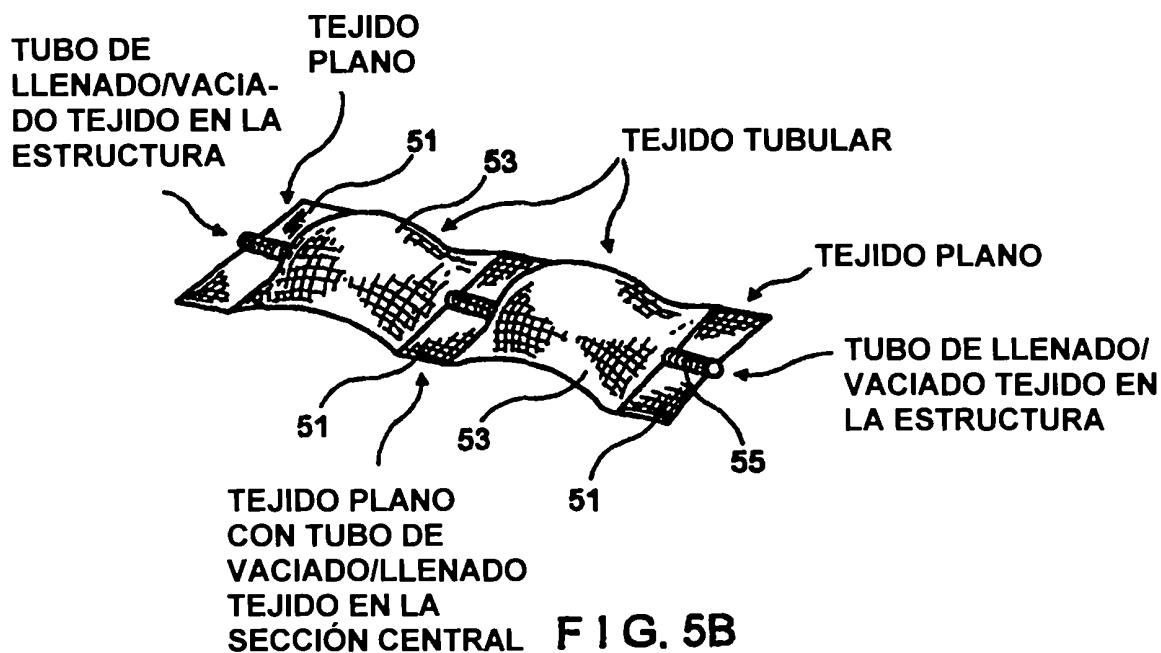


FIG. 5A



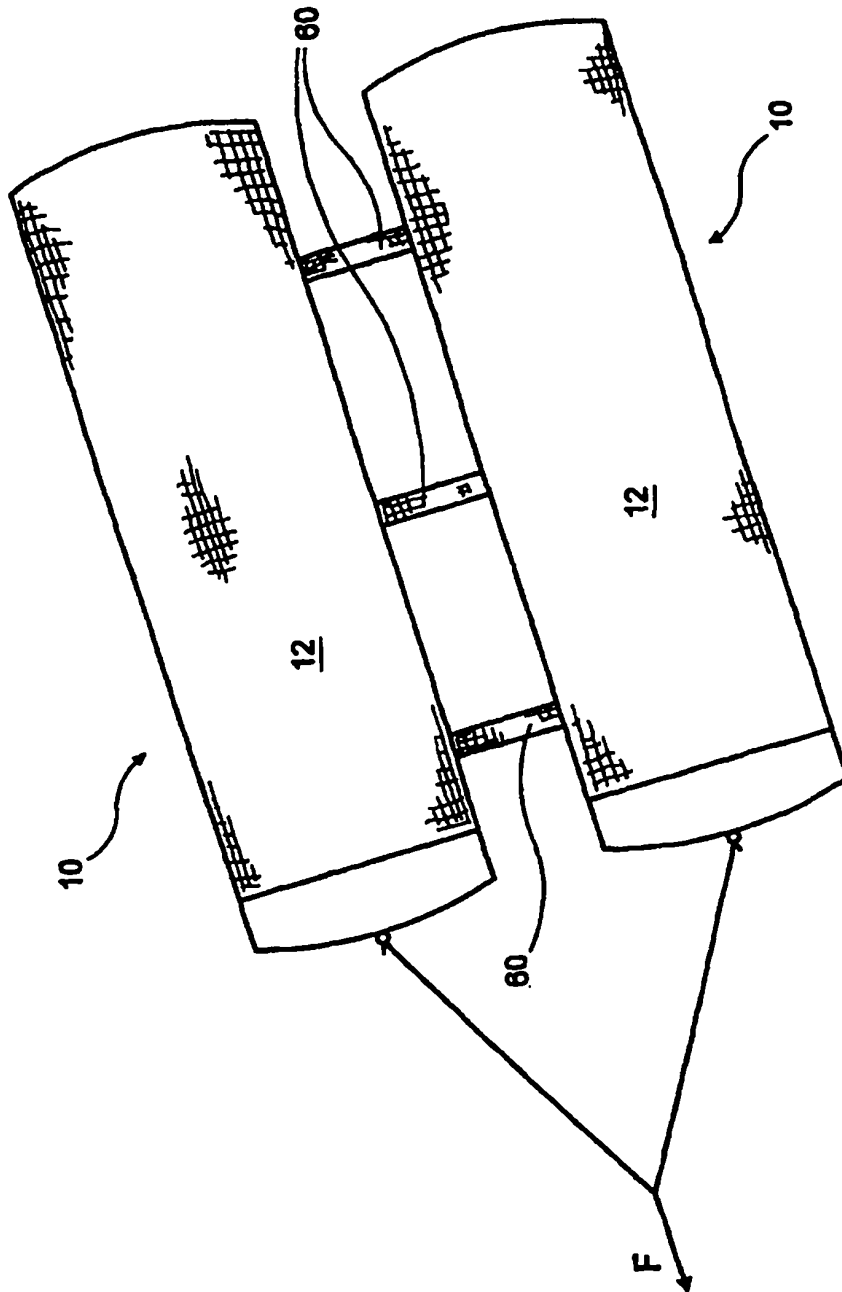


FIG. 6

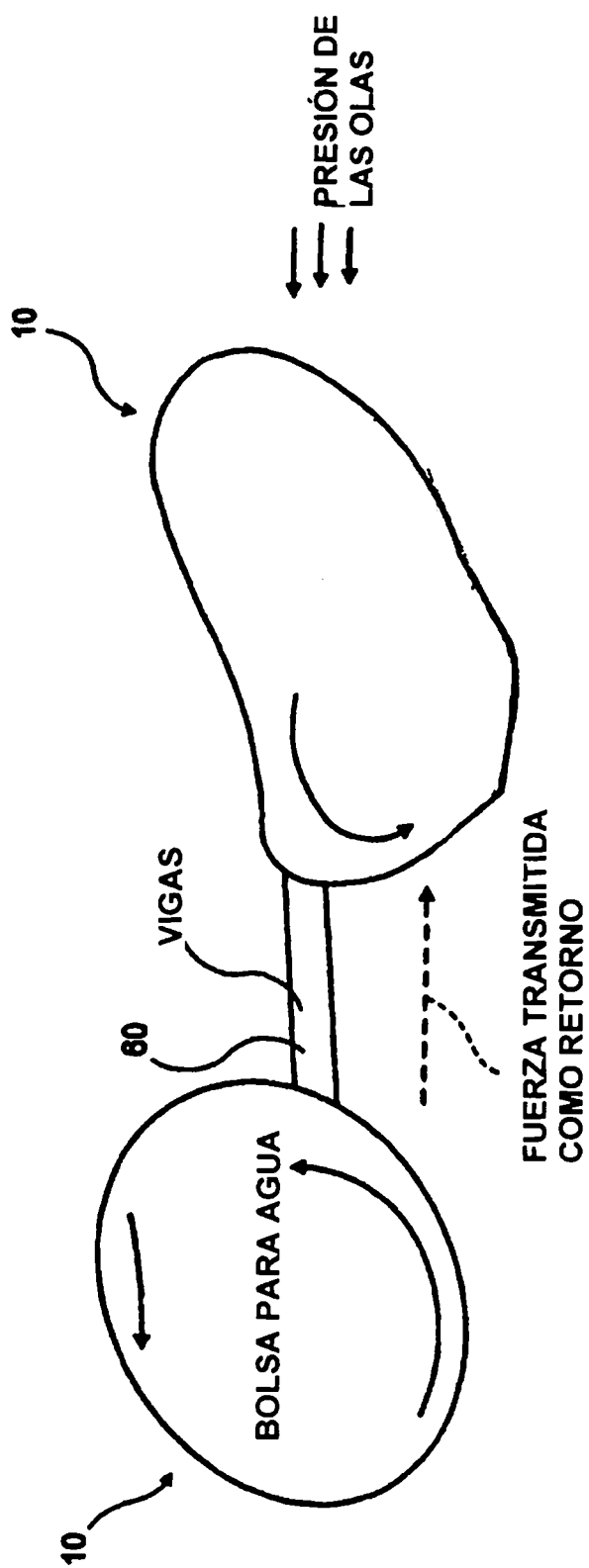


FIG. 7

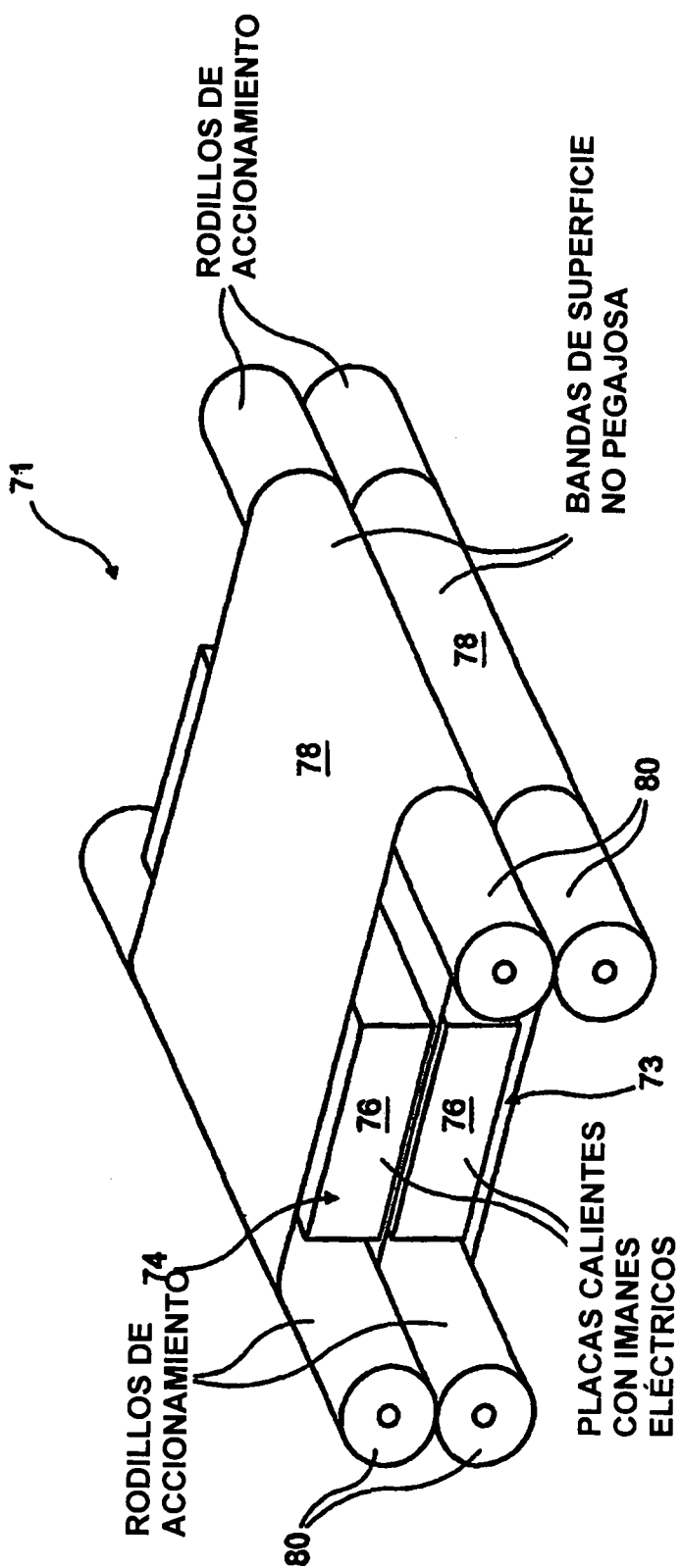


FIG. 8

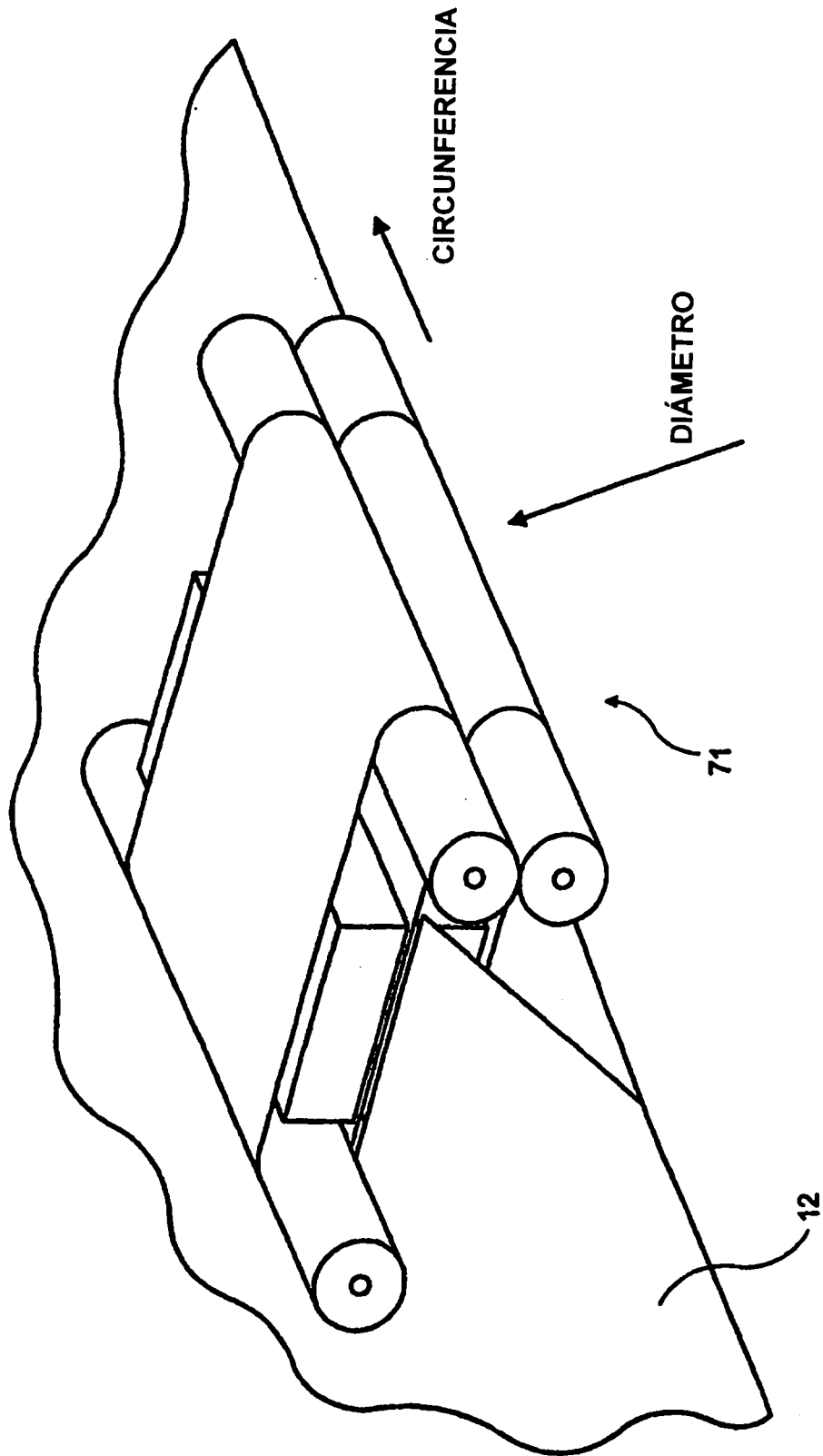


FIG. 9

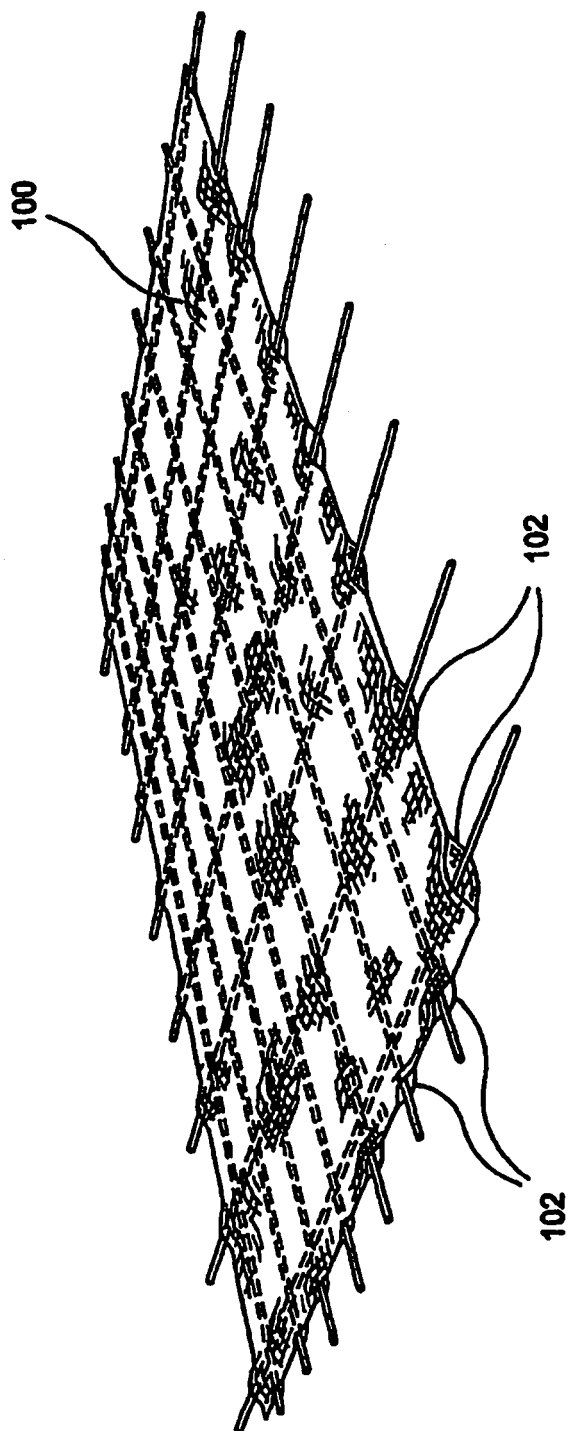
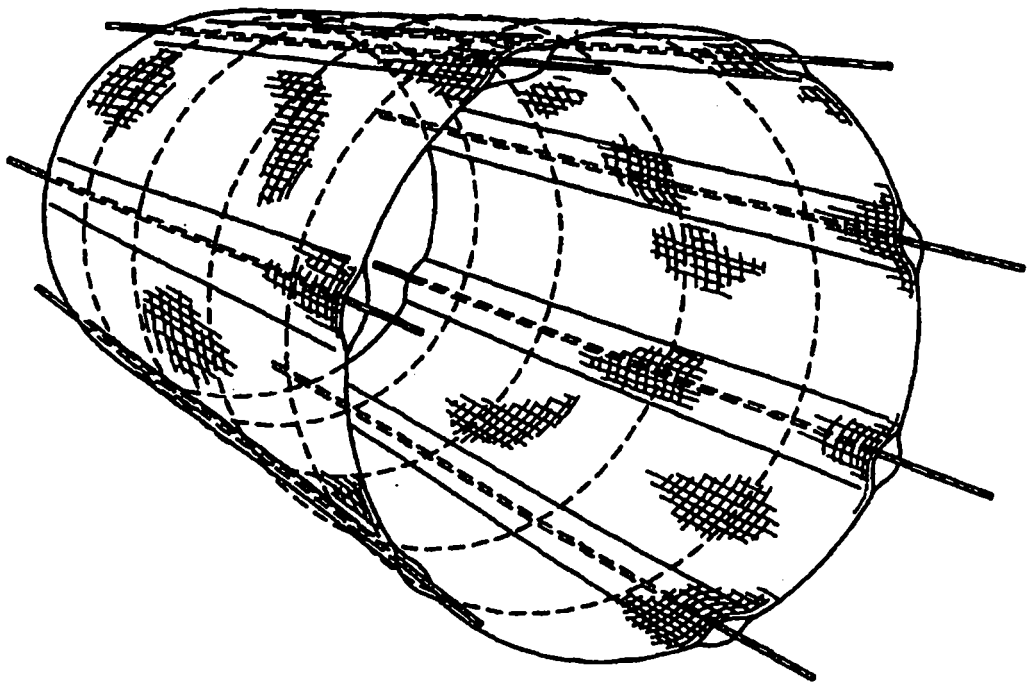


FIG. 10



**FIG. 10A**

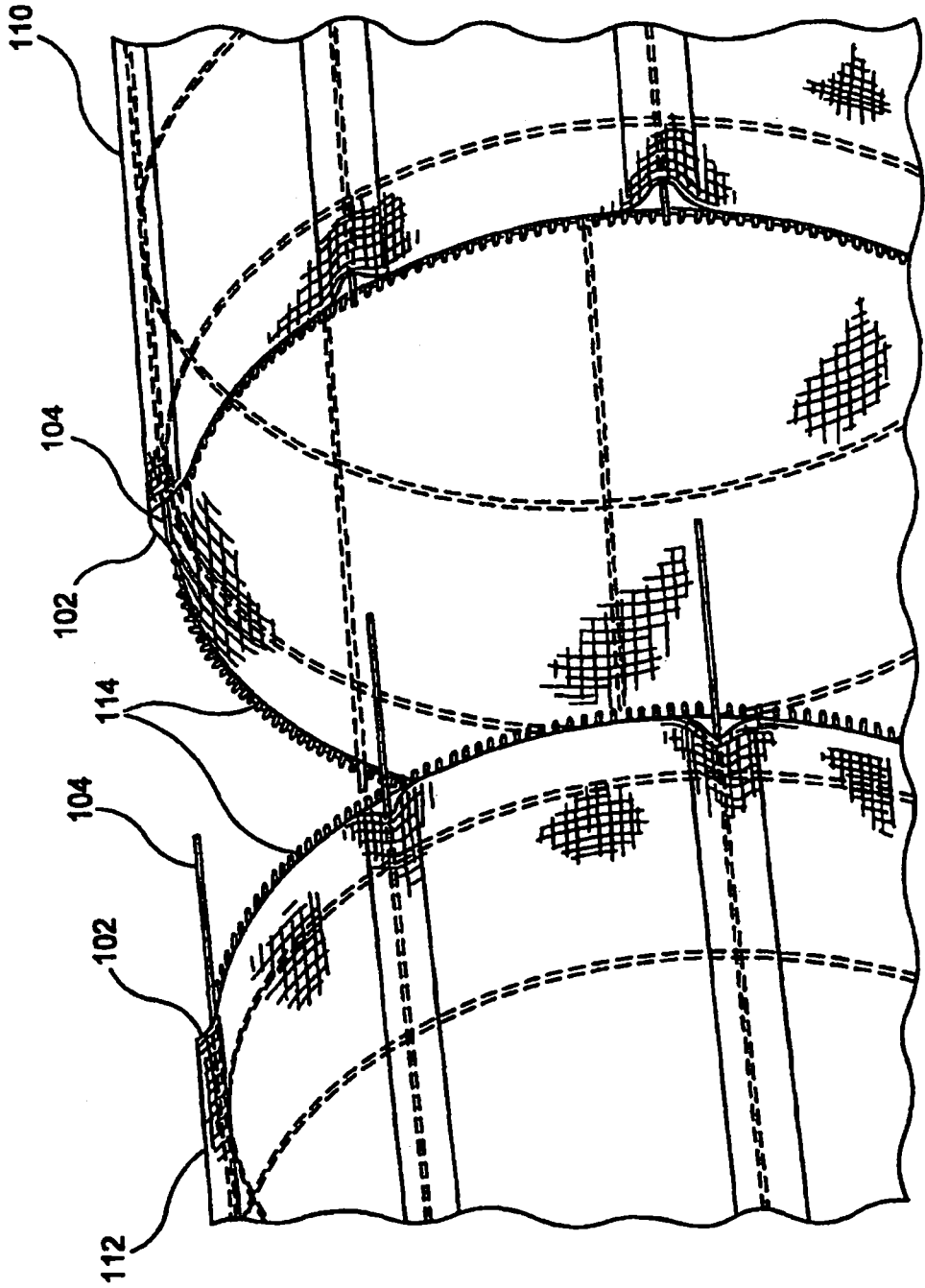


FIG. 10B