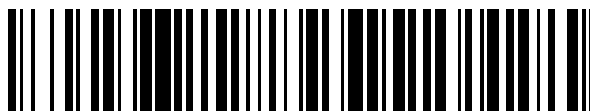


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 450**

51 Int. Cl.:

A62B 7/02 (2006.01)

F17C 1/00 (2006.01)

A62B 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.05.2012 PCT/US2012/037977**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2012 WO12162033**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2012 E 12788775 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2714203**

54 Título: **Cilindros de aire de alta presión utilizados con aparatos de respiración autónomos**

30 Prioridad:

25.05.2011 US 201161519603 P

25.08.2011 US 201113217703

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

28.03.2019

73 Titular/es:

**SCOTT TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
4320 Goldmine Road
Monroe, NC 28110, US**

72 Inventor/es:

**PHIFER, JERRY, A;
PARSON, WILLIAM, E. y
MELE, RONALD, B.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 706 450 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

Cilindros de aire de alta presión utilizados con aparatos de respiración autónomos

Campo de la invención

5 La presente invención hace referencia, en general, a un aparato de respiración autónomo y, más particularmente, a un aparato de respiración autónomo que tiene una configuración de cilindro de aire mejorado que es más ligero y más pequeño que los cilindros de aire convencionales, al mismo tiempo que proporcionan la capacidad de aire y la compatibilidad con la infraestructura existente, deseadas.

Antecedentes de la invención

10 Un aparato de respiración autónomo (SCBA – Self-Contained Breathing Apparatus, en inglés) utilizado por un bombero incluye, en general, un cilindro de aire presurizado para suministrar aire respirable, un regulador de presión, una conexión de inhalación (boquilla, máscara bucal o máscara facial) y otros dispositivos montados en un armazón que es llevado por el bombero. La configuración del cilindro de aire es habitualmente el resultado de la consideración de varios factores de diseño. Estos incluyen elementos tales como tamaño, peso, cantidad de suministro de aire requerido, portabilidad, compatibilidad con otros equipos estandarizados y similares. Los cilindros de aire actuales para los bomberos están presurizados aproximadamente a 15 MPa (2.216 libras por pulgada cuadrada (psi)) o 31 MPa (4.500 psi).

20 En la utilización, es deseable proporcionar un SCBA con suficiente capacidad de aire para que el usuario no esté limitado en su trabajo por tener que salir del sitio para obtener cilindros de aire de reemplazo. Sin embargo, el aumento de la capacidad del aire debe estar equilibrado con la necesidad de tener un SCBA manejable tanto en términos de peso como de espacio. En este sentido, se han utilizado varias configuraciones de cilindros de aire para proporcionar una capacidad de aire deseada. En una configuración, dos cilindros de aire de tamaño estándar se han utilizado para proporcionar una capacidad de aire deseada. En otra configuración, se utilizan múltiples cilindros de aire se utilizan perfil reducido para proporcionar una mayor maniobrabilidad, aun manteniendo la capacidad deseada. Dado que estas configuraciones requieren la utilización de más de un cilindro, sin embargo, pueden resultar indeseablemente en un mayor de peso. Asimismo, pueden ser difíciles de manejar y pueden requerir la utilización de equipos especializados y el reciclaje del personal del cuerpo de bomberos para garantizar un correcto funcionamiento.

30 En otras configuraciones adicionales, los cilindros de aire están fabricados de materiales especializados, tales como material compuesto de fibra de carbono, para proporcionar una presión de cilindro de 66 MPa (9.500 psi) o más. Dichas configuraciones, aun proporcionando un deseable aumento de la capacidad de aire, resultan asimismo en mayores costes de fabricación. Dichas configuraciones pueden resultar asimismo en un mayor peso.

Por lo tanto, sería deseable proporcionar un cilindro de aire mejorado que tenga una envolvente total que ocupe un menor espacio aun manteniendo la capacidad de aire existente. El cilindro resultante debe ser fácil de utilizar, económico de fabricar y debe cumplir con la infraestructura de carga actual del cilindro.

35 El documento WO2008/061021, que se considera que representa la técnica anterior más cercana, da a conocer que el peso y la capacidad de un depósito de SCBA pueden ser variados mediante el ajuste de la presión y de las dimensiones físicas del depósito.

Compendio de la invención

Según la presente invención, se proporciona un aparato de respiración autónomo de acuerdo con la reivindicación 1.

40 Más particularmente, se da a conocer un aparato de respiración autónomo. El aparato de respiración autónomo incluye un cilindro de aire capaz de ser presurizado desde aproximadamente 37 MPa (5.400 psi) hasta aproximadamente 41 MPa (6.000 psig). En una realización a modo de ejemplo, el cilindro de aire tiene capacidad para ser presurizado aproximadamente a 38 Mpa (5.500 psig). En otra realización a modo de ejemplo, el cilindro de aire tiene capacidad para ser presurizado desde aproximadamente 37 MPa (5.400 psig) hasta 39 MPa (5.600 psig).

45 El cilindro de aire está optimizado para tamaño y peso, y es compatible con la infraestructura utilizada junto con cilindros de aire convencionales. El aparato de respiración autónomo incluye asimismo una primera válvula de regulación, para reducir la presión del aire recibido desde el cilindro de aire hasta un nivel predeterminado. Una segunda válvula de regulación está dispuesta para reducir la presión del aire recibido desde la primera válvula de regulación hasta un nivel adecuado para ser utilizado por un usuario. El aire suministrado desde la segunda válvula de regulación es proporcionado al usuario a través de una máscara. El aparato de respiración autónomo incluye además un armazón para soportar el cilindro de aire en la parte posterior del usuario.

50

Se describe un cilindro de gas comprimido. El cilindro puede comprender una porción de volumen a presión para contener un volumen de gas presurizado a una presión de servicio. La porción de volumen a presión puede tener una longitud, un diámetro, y un volumen de agua seleccionados de acuerdo con la fórmula:

$$L = \frac{4 \left(V - \frac{\pi d^3}{6} \right)}{\pi d^2} + d$$

5 en la que: L = longitud, V = volumen de agua y d = diámetro. La presión de servicio puede ser desde aproximadamente 34 MPa (5.000 psig) hasta aproximadamente 41 MPa (6.000 psig). La presión de servicio puede ser asimismo desde aproximadamente 37 MPa (5.400 psig) hasta aproximadamente 39 MPa (5.600 psig). El cilindro puede incluir además un orificio de transmisión de gas para el acoplamiento a un conjunto de regulación de presión.

Asimismo, se describe un aparato de respiración autónomo. El aparato de respiración autónomo puede incluir un cilindro de gas comprimido que comprende una porción de volumen a presión para contener un volumen de gas presurizado a una presión de servicio. La porción de volumen a presión puede tener una longitud, un diámetro y un volumen de agua seleccionados de acuerdo con la fórmula:

$$L = \frac{4 \left(V - \frac{\pi d^3}{6} \right)}{\pi d^2} + d$$

10 en la que: L = longitud, V = volumen de agua y d = diámetro. La presión de servicio puede ser desde aproximadamente 34 MPa (5.000 psig) hasta aproximadamente 41 MPa (6.000 psig). Alternativamente, la presión de servicio puede ser desde aproximadamente 37 MPa (5.400 psig) hasta aproximadamente 39 MPa (5.600 psig). El cilindro puede incluir además un orificio de transmisión de gas. El aparato de respiración autónomo puede incluir
 15 asimismo una primera válvula de regulación acoplada al orificio de transmisión de gas para recibir gas comprimido desde la porción de volumen a presión. La primera válvula de regulación puede ser configurada para reducir la presión del gas recibido desde la porción de volumen a presión hasta una segunda presión que es menor que la primera presión. Una segunda válvula de regulación puede estar dispuesta en comunicación fluida con la primera válvula de regulación para recibir gas comprimido desde la primera válvula de regulación. La segunda válvula de
 20 regulación puede estar configurada para reducir la presión del gas recibido desde la primera válvula de regulación hasta una tercera presión que es menor que la segunda presión. Asimismo, puede estar dispuesta una porción de máscara. La porción de máscara puede estar en comunicación fluida con la segunda válvula de regulación, para proporcionar gas a la tercera presión a un usuario. El aparato de respiración autónomo puede incluir además una porción de armazón que tiene una porción de soporte de usuario para permitir a un usuario transportar el cilindro de
 25 gas comprimido.

Breve descripción de los dibujos

A modo de ejemplo, a continuación, se describirá una realización específica del dispositivo descrito, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 las figuras 1A a 1D, representan las realizaciones primera, segunda, tercera y cuarta del cilindro de aire que se da a conocer;

la figura 2 es una vista en sección transversal de una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer y de un cilindro de aire convencional posicionado en relación con el centro de gravedad de un usuario;

35 la figura 3 es una tabla comparativa a modo de ejemplo de valores de dimensiones de longitud, diámetro, peso y masa para los cilindros de aire que se dan a conocer en comparación con los cilindros de aire convencionales de 31 MPa (4.500 psi), utilizados para calcular los valores de la inercia de rotación relativa con respecto a un usuario típico;

la figura 4 es un esquema que compara las dimensiones externas de una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer y de un cilindro de aire convencional de 31 MPa (4.500 psig);

40 la figura 5 es un gráfico de la presión en función del volumen interno del cilindro para una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer;

la figura 6 es un segundo gráfico de la presión en función del volumen interno del cilindro para una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer;

la figura 7 es un gráfico de la primera derivada de la presión en función del volumen interno del cilindro para una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer;

45 la figura 8 es un gráfico de la longitud del cilindro en función del diámetro del cilindro para una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer;

la figura 9 es un gráfico tridimensional de la longitud del cilindro en función del diámetro del cilindro y del peso del cilindro para una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer;

la figura 10 es una tabla comparativa a modo de ejemplo de valores de dimensiones de longitud, diámetro y peso para una realización a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer en comparación con un cilindro de aire convencional de 31 MPa (4.500 psi),

la figura 11 es una comparación de varias realizaciones a modo de ejemplo del cilindro de aire que se da a conocer en comparación con los correspondientes cilindros de aire convencionales de 31 MPa (4.500 psig);

la figura 12 es un esquema de un aparato de respiración autónomo para su utilización con los cilindros de aire que se dan a conocer de las figuras 1A a 1D.

10 Descripción detallada

Se debe entender que el aparato que se da a conocer no está limitado en su aplicación a los detalles de la construcción y la disposición de los componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustrados en los siguientes dibujos. El aparato que se da a conocer es capaz de otras realizaciones y se puede poner en práctica o llevar a cabo de diversas maneras. Además, se debe comprender que la fraseología y la terminología utilizadas en el presente documento tienen una finalidad descriptiva y no deben ser consideradas como limitativas. La utilización de "que incluye", "que comprende" o "que tiene" y sus variaciones en el presente documento pretende abarcar los artículos enumerados a continuación y sus equivalentes, así como artículos adicionales. A menos que se especifique o se limite de otra manera, los términos "montado", "conectado", "soportado" y "acoplado" y sus variaciones se utilizan ampliamente e incluyen montajes, conexiones, soportes y acoplamientos directos e indirectos. Además, "conectado" y "acoplado" no se limitan a conexiones o acoplamientos físicos o mecánicos. En la siguiente descripción, se utilizan números y etiquetas de referencia iguales para describir partes iguales, similares o correspondientes en las diferentes vistas de las figuras.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 1A a 1D, se muestran una pluralidad de cilindros de aire 10, 12, 14, 16 de acuerdo con la invención. Los cilindros 10 a 16 están configurados para su utilización en un aparato de respiración autónomo (SCBA) utilizado por bomberos, equipos de primera intervención, miembros de equipos de intervención con materiales peligrosos, rescatistas y similares. Aunque la descripción continuará en relación con la utilización por parte de los bomberos del aparato que se da a conocer, se apreciará que los cilindros que se dan a conocer son igualmente aplicables a otras utilidades.

Tal como se describirá con mayor detalle en lo que sigue, los cilindros de aire 10 a 16 están configurados para tener una menor envolvente de espacio total en comparación con los cilindros tradicionales, aun manteniendo los volúmenes de aire respirables estándar deseados. Tal como se muestra, cada uno de los cilindros 10 a 16 tiene una porción de volumen a presión que tiene una longitud "L" y un diámetro "d" que, juntos, definen la envolvente de espacio total de cada cilindro. Los cilindros SCBA tradicionales están configurados para proporcionar capacidades de aire respirable en una variedad de incrementos de tiempo (por ejemplo, 30 minutos, 45 minutos, 60 minutos y 75 minutos). Se apreciará que estas duraciones se basan en una tasa nominal de consumo de aire de 40 litros por minuto. Para obtener volúmenes de aire libre suficientes para proporcionar aire respirable de acuerdo con estos incrementos de tiempo, los cilindros SCBA convencionales están presurizados aproximadamente a 31 MPa (4.500 psig). Este esquema de presurización resulta en cilindros convencionales que tienen una longitud y un diámetro particulares (dependiendo de la capacidad incremental de aire libre seleccionada), lo que resulta en una envolvente de espacio y un peso totales convencionales. Los cilindros de aire 10 a 16 que se dan a conocer proporcionan las mismas capacidades incrementales de aire (30 minutos, 45 minutos, 60 minutos y 75 minutos, respectivamente) que los cilindros convencionales. Sin embargo, los cilindros que se dan a conocer tienen una menor envolvente espacial (por ejemplo, longitud y/o diámetro) y/o peso en comparación con los cilindros convencionales. Tal como se apreciará, este menor espacio y/o peso del SCBA resulta en un SCBA que es más fácil de maniobrar y es menos probable que se enrede con las estructuras y los contenidos de un edificio, tal como suele ocurrir en espacios confinados relacionados con las operaciones de extinción de incendios. Además, los SCBA que incorporan los cilindros que se dan a conocer serán más ligeros que los cilindros de aire convencionales, que tienen volúmenes de aire libre correspondientes, mejorando de este modo la movilidad y reduciendo la carga de peso sobre el bombero. Además, al proporcionar cilindros de aire con menores diámetros, el centro de gravedad del SCBA reside más cerca de la espalda del bombero, lo que reduce la tensión operativa. Por ejemplo, la figura 2 muestra una comparación del efecto de la inercia rotacional del SCBA debido a la ubicación del cilindro de aire 12 que se da a conocer y del cilindro convencional 45A, con respecto a un usuario 100 (y, más particularmente, su ubicación con respecto al centro de gravedad del usuario "CG"). Las cargas de torsión sobre una columna no alineada son mayores cuando un usuario está intentando detener la rotación de la cintura / el pecho al final de su rango de movimiento de rotación. Es necesario un par de torsión axial (τ) desde arriba para detener la rotación, y ejerce una carga sobre una columna en torsión / no alineada, ya que la contracción muscular es habitualmente en un ángulo con respecto al eje de rotación.

El par de torsión axial, τ puede ser representado mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{I(\omega_2 - \omega_1)}{\Delta t}$$

en la que:

ω_2 = velocidad angular final,

ω_1 = velocidad angular inicial,

5 Δt = período de tiempo de acción,

I = inercia rotacional, siendo

$$I = m (r_1 + r_2)^2$$

en la que:

m = masa,

10 r_1 = distancia entre el borde del cilindro de aire y el centro de gravedad humano, and

r_2 = radio del cilindro de aire, siendo

$$r_2 = d_{\text{cilindro}} / 2$$

y

d_{cilindro} = diámetro del cilindro de aire

15 La figura 3 es una tabla que muestra los valores comparativos del volumen de agua del cilindro, el peso del cilindro, la masa del cilindro, la masa de aire, r_1 y r_2 utilizados para determinar la inercia rotacional "I" para los cilindros 10, 12, 14 que se dan a conocer, así como los para los respectivos cilindros convencionales de 31 MPa (4.500 psig) de los mismos volúmenes de aire libre. La comparación supone que "r1" (la distancia entre el CG del usuario y el borde del cilindro) es de 10,16 cm (4 pulgadas). Tal como se puede ver, la inercia de rotación de los cilindros 10, 12 y 14 que se dan a conocer es menor que la inercia de rotación de los respectivos cilindros convencionales que tienen los mismos volúmenes de aire libre. Específicamente, para los cilindros 10 de 30 minutos que se dan a conocer resulta una reducción del 16,4% en la inercia rotacional, para el cilindro 12 de 45 minutos resulta una reducción del 11,1% en la inercia rotacional, y para el cilindro 14 de 60 minutos resulta una reducción del 12,6% en la inercia rotacional

20 Por lo tanto, los cilindros que se dan a conocer reducen los efectos de la inercia rotacional aun manteniendo una capacidad de aire libre deseada. Tal como se puede apreciar, al reducir el efecto de la inercia rotacional del SCBA, se reducen las posibilidades de fatiga temprana y de una posible lesión. Además, al permitir que el usuario consuma menos energía para transportar y maniobrar el SCBA, el usuario puede consumir menos aire y, por consiguiente, aumentar su tiempo de permanencia en la ubicación de emergencia.

25 En algunas realizaciones, se puede dar prioridad al reducir el diámetro "d" del cilindro tanto como resulte práctico, mientras se mantiene la capacidad de aire deseada, a fin de bajar el centro de gravedad del SCBA y aumentar la maniobrabilidad. Otras realizaciones pueden estar centradas en la reducción de la longitud "L" o el peso "W" del cilindro, mientras que otras realizaciones pueden proporcionar una combinación de menores dimensiones "L", "d" y peso "W".

30 Para obtener estos menores espacio y/o peso, los cilindros que se dan a conocer están configurados para tener una "presión de servicio" desde 34 MPa (5.000 psig) hasta aproximadamente 41 MPa (6.000 psig). En algunas realizaciones, los cilindros que se dan a conocer tienen una presión de servicio desde 37 MPa (5.400 psig) hasta aproximadamente 39 MPa (5.600 psig). En otras realizaciones, los cilindros que se dan a conocer tienen una presión de servicio desde 34 MPa (5.000 psig) hasta 39 MPa (5.600 psig). En otras realizaciones adicionales, los cilindros que se dan a conocer tienen una presión de servicio desde 39 MPa (5.600 psig) a 41 MPa (6.000 psig). En una realización particularmente preferente, los cilindros que se dan a conocer tienen una presión de servicio desde 38 MPa (5.500 psig).

35 Para los propósitos de esta invención, el término "presión de servicio" es tal como se especifica en el documento 49 C.F.R. § 173.115, titulado "Shippers - General Requirements for Shipments and Packagings", la totalidad del cual se incorpora en la presente memoria descriptiva como referencia. Por lo tanto, el término "presión de servicio" significará la marca de presión autorizada en el envase en el que se puede cargar el cilindro. Por ejemplo, para un cilindro marcado "DOT 3A1800", la presión de servicio es de 12.410 kPa (1.800 psig).

45 Tal como apreciará un experto de nivel medio en la técnica, durante las operaciones de carga de un cilindro, la presión de servicio de un cilindro particular puede ser sobrepasada en una pequeña cantidad (por ejemplo, el 10%).

Esta ligera sobrecarga puede ser útil, para compensar el calentamiento generado cuando el aire es comprimido en el cilindro. Después de la carga, cuando el aire en el cilindro cargado vuelve a la temperatura ambiente, la presión en el cilindro cae ligeramente. Por lo tanto, para tener en cuenta esta caída de la presión, el cilindro puede ser cargado a una presión ligeramente superior a la presión de servicio, de tal modo que, cuando la temperatura del aire en el cilindro vuelve a la temperatura ambiente, el cilindro permanece cargado a un valor en la presión de servicio (o muy cerca de la misma). Por lo tanto, en un ejemplo, un cilindro que tiene una presión de servicio de 12 MPa (1.800 psig) puede ser cargado a una presión de aproximadamente 14 MPa (1.980 psig). Para los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer, las formas de realización que tengan una presión de servicio de 38 MPa (5.500 psig) se cargarían hasta un valor de aproximadamente 42 MPa (6.050 psig), para garantizar que los cilindros 10 a 16 regresen a una presión interna de aproximadamente 38 MPa (5.500 psig) cuando la temperatura del aire en los cilindros regresa a la temperatura ambiente. El diseño que se da a conocer permite asimismo que los cilindros 10 a 16 sean compatibles con la infraestructura de carga (es decir, los compresores) existente que, en general, son capaces de realizar una carga de hasta aproximadamente 41 MPa (6.000 psig).

Dicha compatibilidad de infraestructura incluye asimismo el tamaño, el peso y las limitaciones estructurales que existen actualmente para la plataforma de cilindro de aire convencional de 31 MPa (4.500 psig). Por lo tanto, los cilindros de aire 10 a 16 que se dan a conocer son compatibles con las estaciones de llenado de aire existentes que utilizan un depósito o dispositivo de fragmentación para proteger contra la rotura de un cilindro. Se espera que la plataforma de infraestructura convencional se utilice para soportar los cilindros de aire 10 a 16 que se dan a conocer.

Además, los camiones de bomberos incluyen habitualmente asientos abatibles en los que un SCBA, incluido un cilindro de aire, se sujeta mediante clips de retención en un asiento para facilitar la colocación del SCBA por parte de un bombero. Los cilindros de aire 10 a 16 que se dan a conocer pueden ser compatibles con la infraestructura existente para dichos asientos abatibles. Los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer son compatibles asimismo con los armazones posteriores existentes utilizados por los bomberos para transportar el SCBA. Además, los cilindros que se dan a conocer son compatibles con los tubos de almacenamiento existentes utilizados en parques de bomberos y en camiones de bomberos utilizados para guardar cilindros de aire.

Haciendo referencia a la figura 4, se muestra una comparación cualitativa a modo de ejemplo entre el cilindro 12 que se da a conocer (que tiene una capacidad de 45 minutos, o un volumen de aire libre de 1.800 litros) y dos cilindros tradicionales "de 45 minutos" 45A y 45B. Tal como se puede ver, el cilindro 12 que se da a conocer tiene una menor envolvente espacial total en comparación con la de los cilindros tradicionales 45A, 45B. En comparación con el cilindro tradicional 45A, el cilindro 12 que se da a conocer tiene una longitud "L" ligeramente mayor, pero el diámetro "d" es sustancialmente menor. Por lo tanto, el cilindro 12 no sobresaldrá tanto de la espalda del usuario durante el funcionamiento como en comparación con el cilindro tradicional 45A (véase la figura 2). En comparación con el cilindro 45B tradicional, el cilindro 12 que se da a conocer tiene una longitud "L" sustancialmente menor, aun manteniendo un diámetro "d" similar. Por lo tanto, el cilindro 12 no sobresaldrá por encima de la espalda del usuario durante la operación en comparación con el cilindro tradicional 45B. Debido a estas menores dimensiones, el cilindro 12 de 45 minutos que se da a conocer también es sustancialmente más ligero que los tradicionales cilindros de 45 minutos 45A, 45B. Asimismo, se obtienen ventajas similares con los cilindros 10, 14 y 16 que se dan a conocer en comparación con sus homólogos convencionales de 31 MPa (4.500 psig).

Por lo tanto, los inventores han descubierto que los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer proporcionan una combinación óptima de tamaño, peso y capacidad de aire para su utilización en un SCBA, aun siendo compatibles con la infraestructura de equipo existente utilizada junto con los cilindros de aire. El diámetro, la longitud y/o el peso de los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer son menores que los cilindros de aire convencionales que tienen correspondientes capacidades de aire de 30, 45, 60 y 75 minutos. Tal como se indicó anteriormente, esta reducción en el tamaño se consigue presurizando los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer a 34 MPa a 41 MPa (5.000 psig a 6.000 psig), y, en una realización a modo de ejemplo, aproximadamente 38 MPa (5.500 psig), lo que resulta en menores tamaño y el peso en relación con los cilindros de aire convencionales que están presurizados a 31 MPa (4.500 psig).

Se observa que, aunque es posible diseñar cilindros de aire con capacidad de ser presurizados a presiones mucho mayores que los 34 MPa a 41 MPa (5.000 a 6.000 psig) de los cilindros que se dan a conocer, los cilindros resultantes incluirían aumentos indeseables en el peso total del cilindro (debido a grosores de pared sustancialmente mayores) sin un aumento de la capacidad o una disminución del tamaño proporcionalmente ventajosos. Por lo tanto, se ha descubierto que 38 MPa (5.500 psig) proporcionan una combinación óptima de tamaño, peso y capacidad de aire adicional para un cilindro de aire para utilización en un entorno de extinción de incendios, al tiempo que mantiene la compatibilidad con la infraestructura de carga existente. Esto se puede ver en relación con la figura 5, que es un gráfico de la presión interna en función del volumen interno del cilindro. Este gráfico a modo de ejemplo muestra una curva para un cilindro de 45 minutos (es decir, 1.800 litros de aire libre). Tal como se puede ver, un cilindro tradicional de 45 minutos debe tener un volumen interno de aproximadamente 6,8 litros (418 pulgadas cúbicas) para poder contener 1.800 litros de aire libre cuando se carga a 31 MPa (4.500 psig). Al cambiar la presión de carga a 38 MPa (5.500 psig), el volumen interno del cilindro se puede reducir en aproximadamente 1,1 litros (69 pulgadas cúbicas), o 17%, aun manteniendo el volumen libre deseado de 1.800 litros. Al disminuir el volumen del cilindro en un 17%, se puede lograr una reducción proporcional en las dimensiones externas del cilindro (véase, por

ejemplo, la figura 4). En una realización a modo de ejemplo, el cilindro 12 de 45 minutos que se da a conocer, cargado aproximadamente a 38 MPa (5.500 psig), puede tener las mismas dimensiones externas que un cilindro tradicional de 30 minutos presurizado a 31 MPa (4.500 psig).

5 Tal como se señaló anteriormente, los inventores han encontrado que el simple hecho de seguir aumentando la presión de carga (por ejemplo, 41 MPa (6.000 psig) y más) no resulta en ahorros proporcionales en espacio y peso. Esto se puede ver en la figura 6, que muestra que para obtener una disminución adicional de 1,1 litros (69 pulgadas cúbicas) (17%) en el volumen del cilindro (sobre el obtenido con una presión de carga de 38 MPa (5.500 psig)), se requeriría una presión de carga del cilindro de aproximadamente 50 MPa (7.250 psi) (aproximadamente un aumento del 32% en la presión de carga). Esto se muestra para cada uno de los cilindros cerrados 10, 12, 14 en la figura 10 (se explicará en mayor detalle en lo que sigue). Lo que se puede ver a partir de estos datos es que los aumentos en la presión de carga del cilindro por encima de 41 MPa (6.000 psig) resultan en continuas disminuciones en la eficiencia de la carga (es decir, reducciones adicionales en el volumen del cilindro requieren aumentos sustanciales en la presión de carga). Además, el aumento de las presiones de carga por encima de 41 MPa (6.000 psig) también produce aumentos de peso sustanciales no deseables, debido a los grandes grosores de pared requeridos para 15 contener dichas presiones más altas.

La figura 7 es un gráfico de la primera derivada de los gráficos de las figuras 5 y 6, que ilustra la velocidad de cambio de volumen (litros/MPa (pulgadas cúbicas/psi)) en función de la presión de carga. Este gráfico ilustra además cómo la curva comienza a aplanarse sustancialmente aproximadamente a 41 MPa (6.000 psig), lo que 20 apoya la idea de que cargar un cilindro por encima de aproximadamente 41 MPa (6.000 psig) resulta en un retorno sustancialmente menor en términos de reducción del volumen del cilindro y, por lo tanto, del tamaño.

Se apreciará que, aunque los gráficos de las figuras 5 a 7 proporcionan valores específicos relacionados con un cilindro de 1.800 litros (es decir, 45 minutos), se obtienen resultados similares para cilindros de otros tamaños (es decir, 30 minutos, 60 minutos y 75 minutos). Además, se apreciará que los cilindros que se dan a conocer no necesitan ser proporcionados en las capacidades discretas mencionadas anteriormente, sino que podrían ser proporcionados en una amplia variedad de otras capacidades incrementales, según se desee (por ejemplo, 35 minutos, 50 minutos, 62 minutos, etc.)

Haciendo referencia a continuación a la figura 8, se muestra un gráfico a modo de ejemplo de la longitud del cilindro (L) en función del diámetro (d) para los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer. Aunque los valores específicos 30 ilustrados en la figura 6 se refieren a un cilindro de 45 minutos (volumen de aire libre de 1.800 litros), la fórmula es aplicable asimismo a cilindros de 30 minutos, 60 minutos y 75 minutos. El gráfico indica que las reducciones deseadas de peso y tamaño del cilindro pueden ser obtenidas en los cilindros 12 a 16 seleccionando la longitud o el diámetro en base a la siguiente ecuación:

$$L = \frac{4 \left(V - \frac{\pi d^3}{6} \right)}{\pi d^2} + d$$

en la que:

35 L = longitud,

V = volumen de agua y

d = diámetro.

Se apreciará que "volumen de agua", tal como se utiliza en la fórmula anterior se refiere al volumen físico interior del cilindro 10 a 16 asociado, y no al volumen de "aire libre" comprimido del cilindro. Asimismo, se apreciará que los 40 valores de L_{max} , L_{min} , d_{max} y d_{min} (así como las "L" y "d" seleccionadas resultantes) representan las dimensiones internas de la porción de volumen a presión del cilindro 12. Tal como se señaló, la curva de la figura 8 está representada por la ecuación (1), delimitada por los valores de L_{max} , L_{min} , d_{max} y d_{min} , y, por lo tanto, el cilindro 12 que se da a conocer puede tener una longitud "L" y un diámetro "d" que caiga en la curva entre L_{max} , L_{min} , d_{max} y d_{min} . Utilizando la curva y la fórmula, se pueden obtener las dimensiones del cilindro 12 para obtener un cilindro que, cuando está cargado a 38 MPa (5.500 psig), contiene un volumen de aire libre de aproximadamente 45 minutos). Se apreciará que la Ecuación (1) se aplica a un cilindro que tiene cabezas (es decir, extremos) hemisféricas. Por lo tanto, si el cilindro incluye cabezas cuadradas, elipsoidales o hemiesféricas, entonces se pueden aplicar valores de L_{min} / L_{max} y d_{min} / d_{max} diferentes a los indicados en este documento.

50 En una realización a modo de ejemplo, aplicable a un cilindro de 45 minutos (es decir, un segundo cilindro 12), L_{max} puede ser de aproximadamente 49,5 cm (19,5 pulgadas), L_{min} puede ser de aproximadamente 42,9 cm (16,9 pulgadas), d_{max} puede ser de aproximadamente 13,7 cm (5,4 pulgadas) y d_{min} puede ser de aproximadamente

12,7 cm (5,0 pulgadas), donde L_{max} , L_{min} , d_{max} y d_{min} representan las dimensiones internas de la porción de volumen a presión del cilindro 12. En una realización a modo de ejemplo, L_{max} y d_{max} se definen como la longitud y el diámetro de un cilindro convencional de 45 minutos (es decir, 31 MPa (4.500 psig)). El cilindro 12 que se da a conocer puede ser seleccionado para tener una longitud igual a L_{max} , que, de acuerdo con la Ecuación (1) y la figura 8, resultaría en un diámetro igual a d_{min} . El cilindro 12 resultante tendría un diámetro más pequeño que el del cilindro tradicional de 45 minutos. De manera alternativa, el cilindro 12 que se da a conocer puede ser seleccionado para tener un diámetro igual a d_{max} , que de acuerdo con la Ecuación (1) y la figura 8 resultaría en una longitud igual a L_{min} . El cilindro 12 resultante tendría una longitud menor que la del cilindro tradicional de 45 minutos. Se contemplan otras diversas realizaciones en las que la longitud y el diámetro del cilindro 12 que se da a conocer estarían en un punto de la curva entre alguna combinación de L_{max} , L_{min} , d_{max} y d_{min} .

Seleccionando la longitud y el diámetro de los cilindros 10 a 16 de acuerdo con la Ecuación (1), se pueden conseguir reducciones de peso desde aproximadamente el cinco por ciento (5%) hasta aproximadamente el doce por ciento (12%) o más con los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer en comparación con los cilindros de aire estándar de 31 MPa (4.500 psig) (véase la figura 10).

La figura 9 es un gráfico tridimensional a modo de ejemplo de la longitud del cilindro en función del diámetro del cilindro y del peso del cilindro para un cilindro 12 a modo de ejemplo de 45 minutos (1.800 litros) cargado a 38 MPa (5.500 psig). Tal como se indicó anteriormente, los valores del diámetro del cilindro y de la longitud del cilindro representan las dimensiones internas de la porción de volumen a presión del cilindro 12. Al igual que con la curva de la figura 8, la superficie tridimensional ilustrada de la figura 9 puede permitir la selección de un cilindro apropiado en función de valores máximos y mínimos de longitud, diámetro y peso seleccionados particularmente. Por lo tanto, el cilindro 12 que se da a conocer puede tener una Longitud "L", un diámetro "d" y un peso "W" que caen dentro de la superficie dentro del área limitada por los puntos d_{min} , L_{max} , W_{max} ; d_{min} , L_{max} , W_{min} ; d_{max} , L_{min} , W_{min} ; y d_{max} , L_{min} , W_{max} . En la figura 8, se muestra un punto 120 a modo de ejemplo dentro de esta área, que ilustra una combinación apropiada de longitud, diámetro y peso. En una realización, "W_{max}" no es mayor que el peso de un cilindro convencional de 4.500 psig (31 MPa) que tenga la misma capacidad de aire.

Utilizando la superficie de la figura 9, se pueden obtener las dimensiones del cilindro 12 para resultar en un cilindro que, cuando está cargado a 38 MPa (5.500 psig), contiene un volumen de aire libre de aproximadamente 1.800 litros (es decir, un suministro de aire respirable de 45 minutos).

La figura 10 es un gráfico que muestra valores comparativos de "volumen de agua", "longitud", "diámetro", "radio", "longitud" y "peso" para cilindros de 30, 45 y 60 minutos. Se debe observar que los valores de peso (W, W_{max}, W_{min}) de los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer fueron calculados utilizando grosores de pared supuestos de aproximadamente 0,818 cm (0,322 pulgadas) para el cilindro 10 de 30 minutos que se da a conocer, de aproximadamente 0,866 cm (0,337 pulgadas) para el cilindro 12 de 45 minutos que se da a conocer, de aproximadamente 0,919 cm (0,362 pulgadas) para el cilindro de 60 minutos que se da a conocer, y de aproximadamente 1,01 cm (0,398 pulgadas) para el cilindro 16 de 75 minutos que se da a conocer. Los valores de peso de los cilindros de 31 MPa (4.500) psig fueron calculados utilizando un grosor de pared supuesto de aproximadamente 0,668 cm (0,263 pulgadas) para un cilindro de 30 minutos de 31 MPa (4.500 psig) convencional, de 0,805 cm (0,317 pulgadas) para un cilindro de 45 minutos de 31 MPa (4.500 psig) convencional y de 0,892 cm (0,351 pulgadas) para un cilindro de aire convencional de 31 MPa (4.500 psig) de 60 minutos. Estos grosores de pared pueden incluir la combinación de un revestimiento interior, una cubierta y cualquier otra capa que pueda ser empleada para construir cilindros de este tipo.

Tal como se puede ver, el volumen de agua disminuye al estar asociado con cada uno de los cilindros 10, 12, 14 que se dan a conocer, lo que produce un aumento sustancial de peso en comparación con los cilindros de aire convencionales correspondientes de capacidades de aire libre similares. Por lo tanto, cualquier peso agregado a los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer como resultado del refuerzo requerido para alojar las presiones más altas (en comparación con los cilindros convencionales de 31 MPa (4.500 psig)) resulta asimismo en cilindros que pesan menos que los cilindros convencionales correspondientes. Asimismo, se ilustran reducciones sustanciales de longitud y/o diámetro.

La figura 10 incluye asimismo una tabulación del "cambio de volumen comprimido", tanto en centímetros cúbicos (pulgadas cúbicas) reducidos como en porcentaje de reducción, para diversas realizaciones de los cilindros 10, 12, 14 que se dan a conocer cargados a diferentes presiones de servicio (por ejemplo, 34 MPa (5.000 psig), 38 MPa (5.500 psig), 41 MPa (6.000 psig)). Tal como se indicó anteriormente, estos datos muestran que los cilindros que se dan a conocer proporcionan un equilibrio deseable entre la reducción del volumen interno del cilindro, reducción dimensional externa, reducción de peso, y presión de carga. Los datos muestran que el simple hecho de continuar aumentando la presión de carga por encima de aproximadamente 41 MPa (6.000 psig) resulta en una disminución no deseable de la eficiencia de la carga.

Además, para realizaciones específicas de cilindros 10, 12, 14 y 16 de 30 minutos (1.200 litros), 45 minutos (1.800 litros), 60 (2.400 litros) y 75 minutos (3.000 litros), se proporcionan valores específicos de ejemplo L_{max} , L_{min} , D_{max} , D_{min} , W_{max} y W_{min} . Los valores L_{max} , L_{min} , D_{max} y D_{min} representan las dimensiones internas de la porción de volumen a presión de los cilindros 10 a 16 respectivos. Tal como se explicó anteriormente, al

proporcionar un rango de valores de longitud, diámetro y peso deseables, se puede diseñar un cilindro particular que incluya un volumen de aire libre deseado, un peso deseado y una envolvente de espacio exterior deseada. En algunas realizaciones, puede ser deseable minimizar el peso. En dichos casos, el valor de W_{min} puede ser seleccionado como el valor para el peso, y los valores de longitud y diámetros pueden permanecer dentro de L_{min} / L_{max} , d_{min} / d_{max} de acuerdo con la Ecuación (1). En otras realizaciones, puede ser deseable minimizar el diámetro (por ejemplo, reducir el efecto de la rotación entre las partes). En dichos casos, el valor d_{min} puede ser seleccionado como el diámetro, y los valores de longitud y peso pueden ser ajustados para permanecer dentro de L_{min} / L_{max} , W_{min} / W_{max} de acuerdo con la Ecuación (1). Se apreciará que la Ecuación (1) se extiende a un cilindro que tiene cabezas (es decir, extremos) hemisféricas. Por lo tanto, si el cilindro incluye cabezas cuadradas, elipsoidales o hemisféricas, entonces se pueden aplicar valores diferentes de L_{min} / L_{max} y d_{min} / d_{max} a los indicados en la figura 10.

Una comparación lado por lado a modo de ejemplo de las dimensiones de los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer en comparación con los cilindros tradicionales de 31 MPa (4.500 psig) se muestra en la figura 11.

Ejemplo 1 - Comparación del cilindro de aire de 30 minutos

Se fabricó un cilindro de aire convencional 30A de 30 minutos con una presión de servicio de 31 MPa (4.500 psig). El cilindro de aire convencional 30A tenía un peso de 2,99 kg (6,6 libras), una longitud externa de 47,12 cm (18,55 pulgadas) y un diámetro exterior de 14,05 cm (5,53 pulgadas). Un cilindro de aire 10 de 30 minutos de acuerdo con la reivindicación se fabricó con una presión de servicio de 38 MPa (5.500 psig). El cilindro de aire 10 tenía un peso de 2,63 kg (5,8 libras), una longitud externa de 48,00 cm (18,9 pulgadas) y un diámetro exterior de 12,55 cm (4,94 pulgadas).

Ejemplo 2 - Comparación del cilindro de aire de 45 minutos

Se fabricó un cilindro de aire convencional 45A de 45 minutos con una presión de servicio de 31 MPa (4.500 psig). El cilindro convencional 45A tenía un peso de 4,08 kg (9,0 lbs), una longitud externa de 46,23 cm (18,20 pulgadas) y un diámetro de 17,37 cm (6,84 pulgadas). Se fabricó un segundo cilindro de aire convencional 45B con una longitud externa de 52,83 cm (20,80 pulgadas) y un diámetro exterior de 16,05 cm (6,32 pulgadas). Se fabricó un cilindro de aire 12 de 45 minutos de acuerdo con la invención con una presión de servicio de 38 MPa (5.500 psig). El cilindro de aire 12 tenía un peso de 3,54 kg (7,8 lbs), una longitud externa de 47,75 cm (18,8 pulgadas) y un diámetro exterior de 15,49 cm (6,10 pulgadas).

Ejemplo 3 - Comparación del cilindro de aire de 60 minutos

Se fabricó un cilindro de aire convencional 60A de 60 minutos con una presión de servicio de 31 MPa (4.500 psig). El cilindro convencional 60A tenía un peso de 5,26 kg (11,6 libras), una longitud externa de 55,12 cm (21,70 pulgadas) y un diámetro exterior de 17,91 cm (7,05 pulgadas). Se fabricó un cilindro de aire 14 de 60 minutos con una presión de servicio de 39 MPa (5.500 psig). El cilindro 14 de 60 minutos tenía un peso de 4,54 kg (10,0 lbs), una longitud externa de 53,87 cm (21,21 pulgadas) y un diámetro exterior de 16,59 cm (6,53 pulgadas).

Ejemplo 4 - Comparación del cilindro de aire de 75 minutos

Los cilindros de aire convencionales de 75 minutos (31 MPa (4.500 psig) de presión de servicio) no fueron fabricados debido a que las dimensiones de longitud y diámetro requeridas se consideraron excesivas para las aplicaciones de SCBA. Se fabricó un cilindro de aire 16 de 75 minutos de acuerdo con la invención con una presión de servicio de 38 MPa (5.500 psig). El cilindro de 75 minutos tenía un peso de 5,67 kg (12,5 libras), una longitud externa de 55,75 cm (21,95 pulgadas) y un diámetro exterior de 18,16 cm (7,15 pulgadas). Aunque no existen datos comparativos para los cilindros convencionales de 75 minutos, se puede observar que el cilindro 16 de 75 minutos que se da a conocer es comparado con la presión de servicio del cilindro de 60 minutos convencional (31 MPa (4.500 psig)) tanto en el diámetro como en la longitud.

Los cilindros 10 a 16 que se dan a conocer pueden ser fabricados utilizando cualquiera de una variedad de materiales, incluyendo aluminio, acero, fibra de carbono y/o fibra de vidrio envuelta en aluminio o acero, y similares. Además, también se pueden utilizar otros materiales compuestos.

Dimensionados de este modo, los cilindros de aire que se dan a conocer pueden proporcionar al usuario una mayor maniobrabilidad, una mayor duración del suministro de aire, un centro de gravedad más bajo (para cilindros más cortos), un centro de gravedad colocado más cerca de la parte posterior del usuario (para cilindros que tienen diámetros más pequeños). En última instancia, los cilindros que se dan a conocer pueden proporcionar a un usuario una mayor comodidad y movilidad en un espacio confinado.

Haciendo referencia a continuación a la figura 12, un esquema de un ejemplo de SCBA 18 incluye un solo cilindro de aire 12 que está montado en un arnés o armazón 26 para permitir que su cilindro de aire 12 sea transportado en la espalda del bombero. El cilindro de aire 12 está conectado a una primera válvula de regulación 20, que a su vez está conectada a una segunda válvula de regulación 22. La segunda válvula de regulación 22 está conectada a una máscara 24 que puede ser utilizada por un bombero. El cilindro de aire 12, la primera válvula de regulación 20, la

ES 2 706 450 T3

segunda válvula de regulación 22 y la máscara 24 están en comunicación fluida entre sí a través de una o más mangueras 25.

5 La primera válvula de regulación 20 reduce la presión de aire del cilindro de aire 12 a un nivel predeterminado. La segunda válvula de regulación 22 proporciona un flujo de aire regulado al bombero a una presión muy baja por debajo del nivel predeterminado a través de la máscara 24. La segunda válvula de regulación 22 funciona en un modo a demanda, en el que la segunda válvula de regulación 22 solo se activa cuando el bombero inhala, o en un modo positivo continuo, en el que la segunda válvula de regulación 22 proporciona un flujo de aire constante a la máscara 24.

10 Se apreciará que cualquiera de los cilindros de aire 10 a 16 que se dan a conocer se podría utilizar con el SCBA 18 descrito anteriormente. También se apreciará que la disposición que se da a conocer permite ventajosamente que un SCBA emplee un solo cilindro de aire que tenga una capacidad de aire libre, al tiempo que reduce el espacio y la envolvente del espacio total en comparación con los cilindros de aire convencionales (es decir, 31 MPa (4.500 psig)) que tienen capacidades de aire libre similares.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de respiración autónomo, que comprende:

un cilindro de gas comprimido (10; 12; 14; 16) que comprende una porción de volumen a presión para contener un volumen de gas presurizado a una presión de servicio, la porción de volumen a presión tiene una longitud (L), un diámetro (D) y un volumen de agua (V) seleccionados de acuerdo con la fórmula:

$$L = \frac{4 \left(V - \frac{\pi d^3}{6} \right)}{\pi d^2} + d$$

en la que:

L = longitud,

V = volumen de agua y

10 d = diámetro;

en la que la presión de servicio es sustancialmente de 38 MPa (5.500 psig), y

en la que el cilindro (10; 12; 14; 16) incluye además un orificio de transmisión de gas;

una primera válvula de regulación acoplada al orificio de transmisión de gas para recibir gas comprimido desde la porción de volumen a presión, la primera válvula de regulación para reducir la primera presión del gas recibido desde la porción de volumen a presión a una segunda presión que es más baja que la primera presión;

una segunda válvula de regulación en comunicación fluida con la primera la válvula de regulación para recibir el gas comprimido desde la primera válvula de regulación, la segunda válvula de regulación para reducir la presión del gas recibido desde la primera válvula de regulación a una tercera presión que es más baja que la segunda presión;

20 una porción de máscara en comunicación fluida con la segunda válvula de regulación, la porción de máscara para proporcionar gas a la tercera presión a un usuario; y

una porción de armazón que tiene una porción de soporte de usuario para permitir a un usuario transportar el cilindro de gas comprimido; y

25 en el que el volumen a presión define un parámetro de funcionamiento del cilindro de gas comprimido, el parámetro funcionamiento es una relación entre la capacidad de aire libre del cilindro de gas comprimido en litros y un tiempo de servicio nominal en minutos, siendo seleccionado el parámetro de funcionamiento del grupo que consiste en: 1.200/30; 1.800/45, 2.400/60 y 3.000/75; para el parámetro de funcionamiento que consiste en 1.200/30, la longitud de la porción de volumen a presión es sustancialmente desde 37,6 cm (14,8 pulgadas) hasta sustancialmente 43,9 cm (17,3 pulgadas), el diámetro de la porción de volumen a presión es sustancialmente de 10,9 cm (4,3 pulgadas) hasta sustancialmente 11,9 cm (4,7 pulgadas); y el cilindro tiene un peso desde sustancialmente 2,6 kg (5,7 libras) hasta sustancialmente 3,0 kg (6,6 libras); para el parámetro de funcionamiento que consiste en 1.800/45, la longitud de la porción de volumen a presión es sustancialmente de 42,9 cm (16,9 pulgadas) hasta sustancialmente 49,5 cm (19,5 pulgadas), el diámetro de la porción de volumen a presión es sustancialmente de 12,7 cm (5,0 pulgadas) hasta sustancialmente 13,7 cm (5,4 pulgadas); y el cilindro tiene un peso desde sustancialmente 3,5 kg (7,8 libras) hasta sustancialmente 4,1 kg (9,0 libras); para el parámetro de funcionamiento que consiste en 2.400/60, la longitud de la porción de volumen a presión es sustancialmente desde 45,5 cm (17,9 pulgadas) hasta sustancialmente 51,6 cm (20,3 pulgadas), el diámetro de la porción de volumen a presión es sustancialmente desde 14,5 cm (5,7 pulgadas) hasta sustancialmente 15,5 cm (6,1 pulgadas); y el cilindro tiene un peso desde sustancialmente 4,5 kg (10,0 libras) hasta sustancialmente 5,3 kg (11,6 libras); y

40 para el parámetro de funcionamiento que consiste en 3.000/75, la longitud de la porción de volumen a presión es sustancialmente de 46,7 cm (18,4 pulgadas) hasta sustancialmente 53,3 cm (21,0 pulgadas), el diámetro de la porción de volumen a presión es sustancialmente desde 5,7 cm (6,2 pulgadas) hasta sustancialmente 17,2 cm (6,8 pulgadas); y el cilindro tiene un peso de sustancialmente 5,7 kg (12,5 libras).

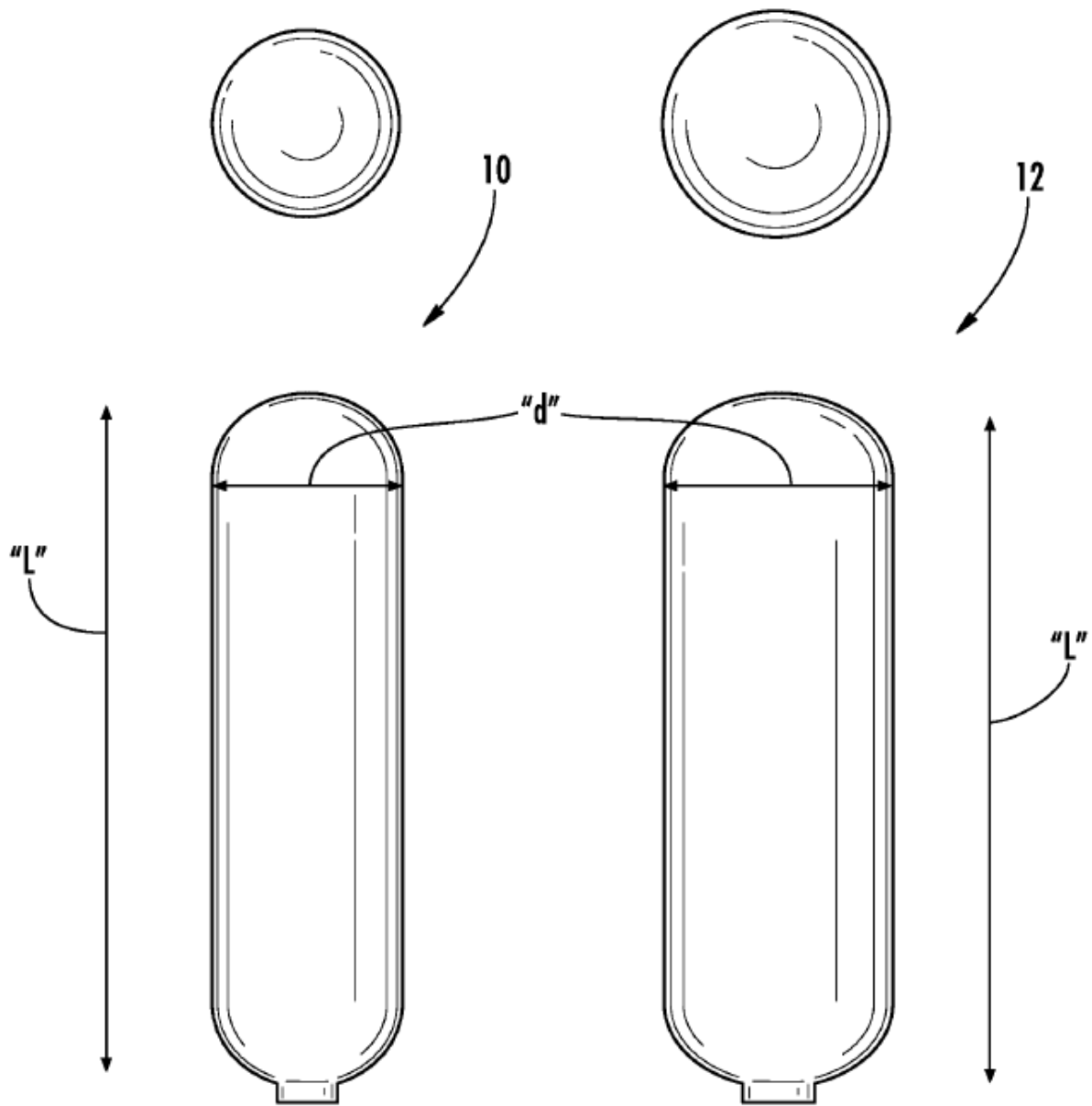
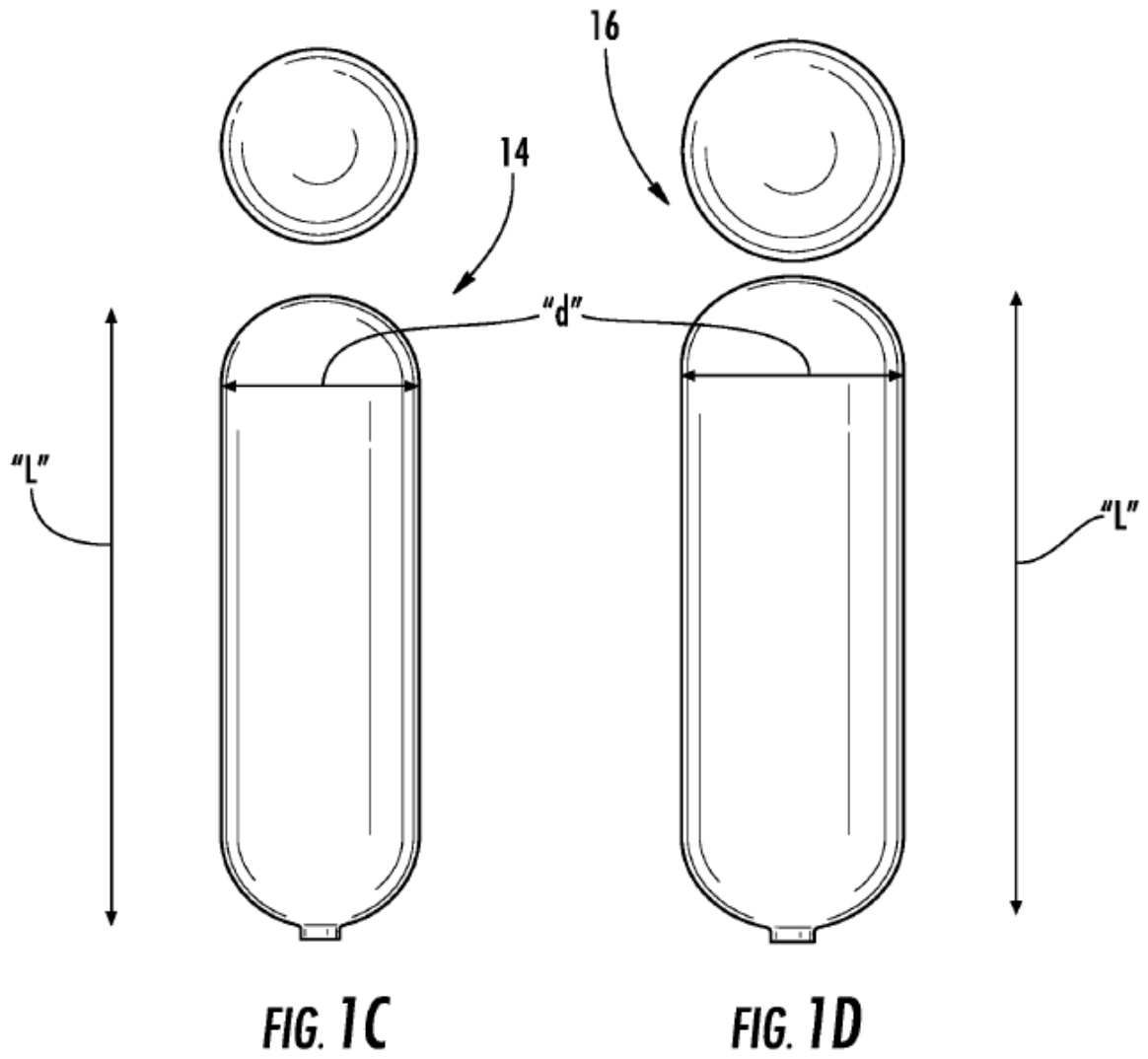


FIG. 1A

FIG. 1B



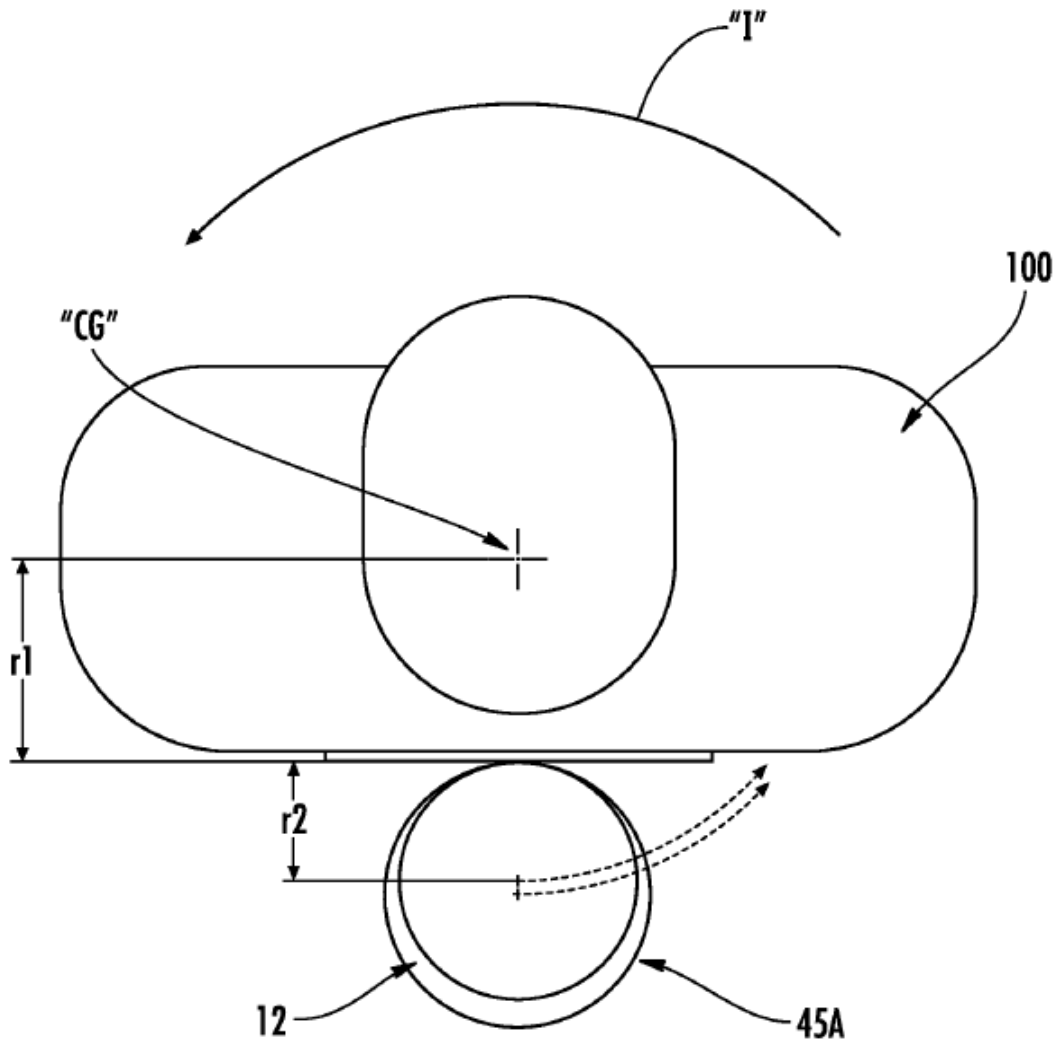


FIG. 2

Aire libre nominal [litros]	Tiempo de servicio nominal [minutos]	Presión de servicio [MPa (psi)]	Volumen de agua [cm ³ (pulgadas ³)]	Peso [kg (lbf)]	Masa del cilindro [kg (slugs)]	Masa del aire [kg (slugs)]	r ₁ [cm (pulgadas)]	R ₂ [cm (pulgadas)]	I [kg.cm ² (slugs.pulgada ²)]	Cambio desde I ₄₅₀₀ [%]
1.200	30	31 (4.500)	4.670 (285)	2,99 (6,6)	2,92 (0,20)	1,46 (0,10)	10,2 (4,0)	7,04 (2,77)	1.302 (13,99)	-16,4
1.200	30	38 (5.500)	3.818 (233)	2,63 (5,8)	2,63 (0,18)	1,46 (0,10)	10,2 (4,0)	6,27 (2,47)	1.109 (11,69)	
1.800	45	31 (4.500)	6.850 (418)	4,08 (9,0)	4,09 (0,28)	2,19 (0,15)	10,2 (4,0)	8,03 (3,16)	2.087 (22,01)	-11,1
1.800	45	38 (5.500)	5.719 (349)	3,54 (7,8)	3,50 (0,24)	2,19 (0,15)	10,2 (4,0)	7,75 (3,05)	1.833 (19,57)	
2.400	60	31 (4.500)	9.013 (550)	5,26 (11,6)	5,25 (0,36)	2,92 (0,20)	10,2 (4,0)	8,69 (3,42)	2.915 (30,93)	-12,6
2.400	60	38 (5.500)	7.620 (465)	4,54 (10,0)	4,52 (0,31)	2,92 (0,20)	10,2 (4,0)	8,31 (3,27)	2.549 (27,02)	

FIG. 3

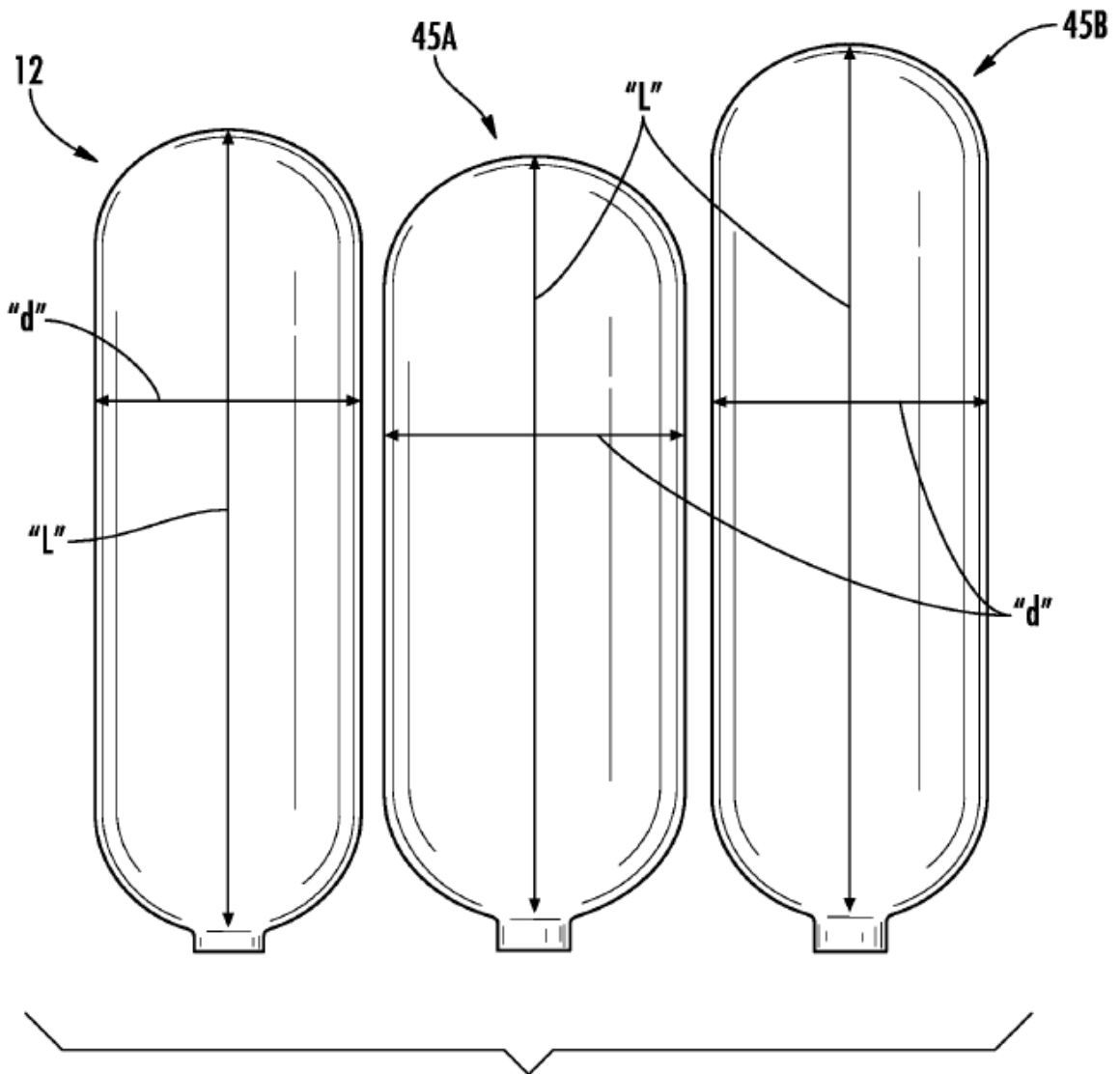


FIG. 4

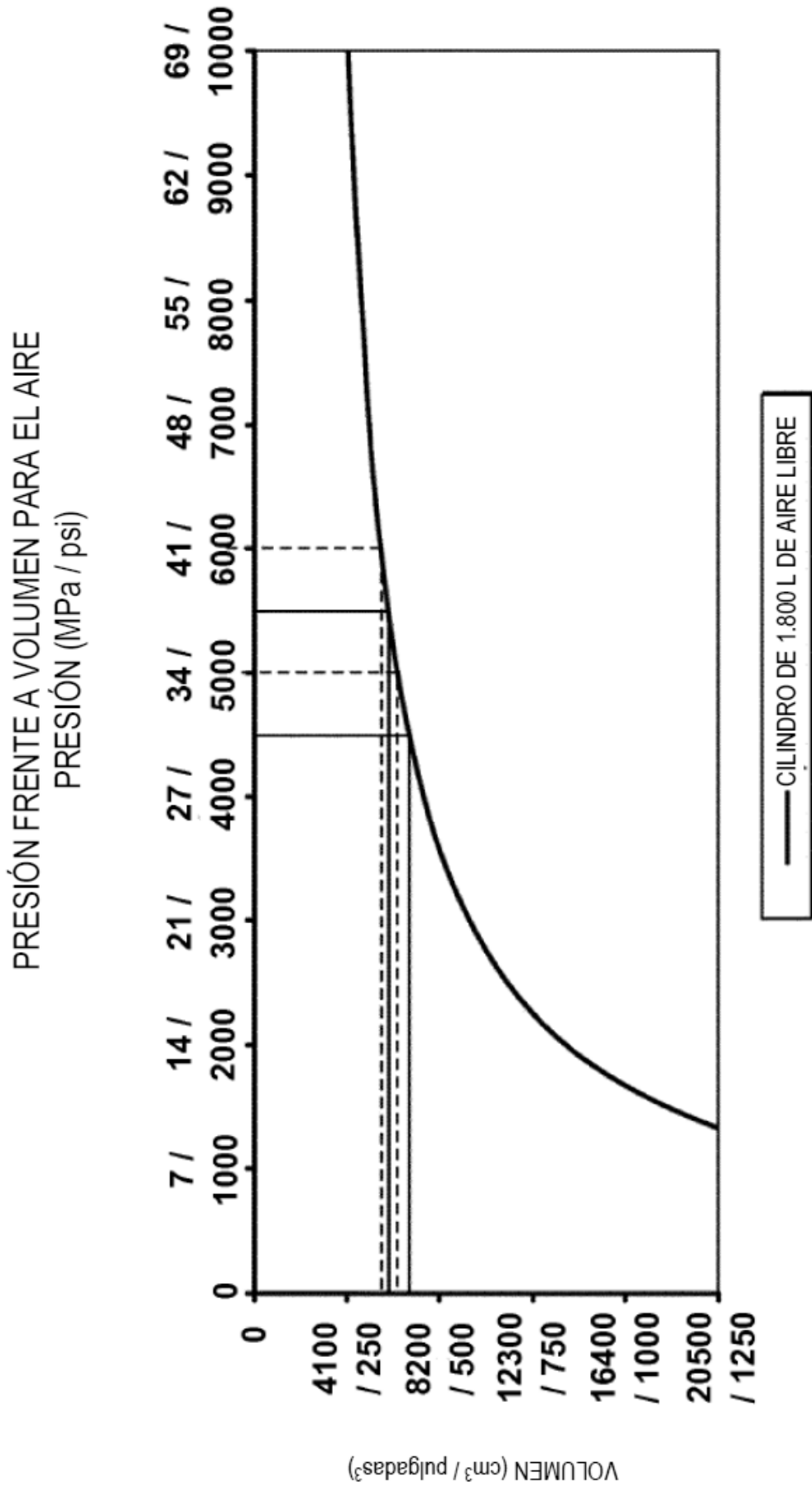


FIG. 5

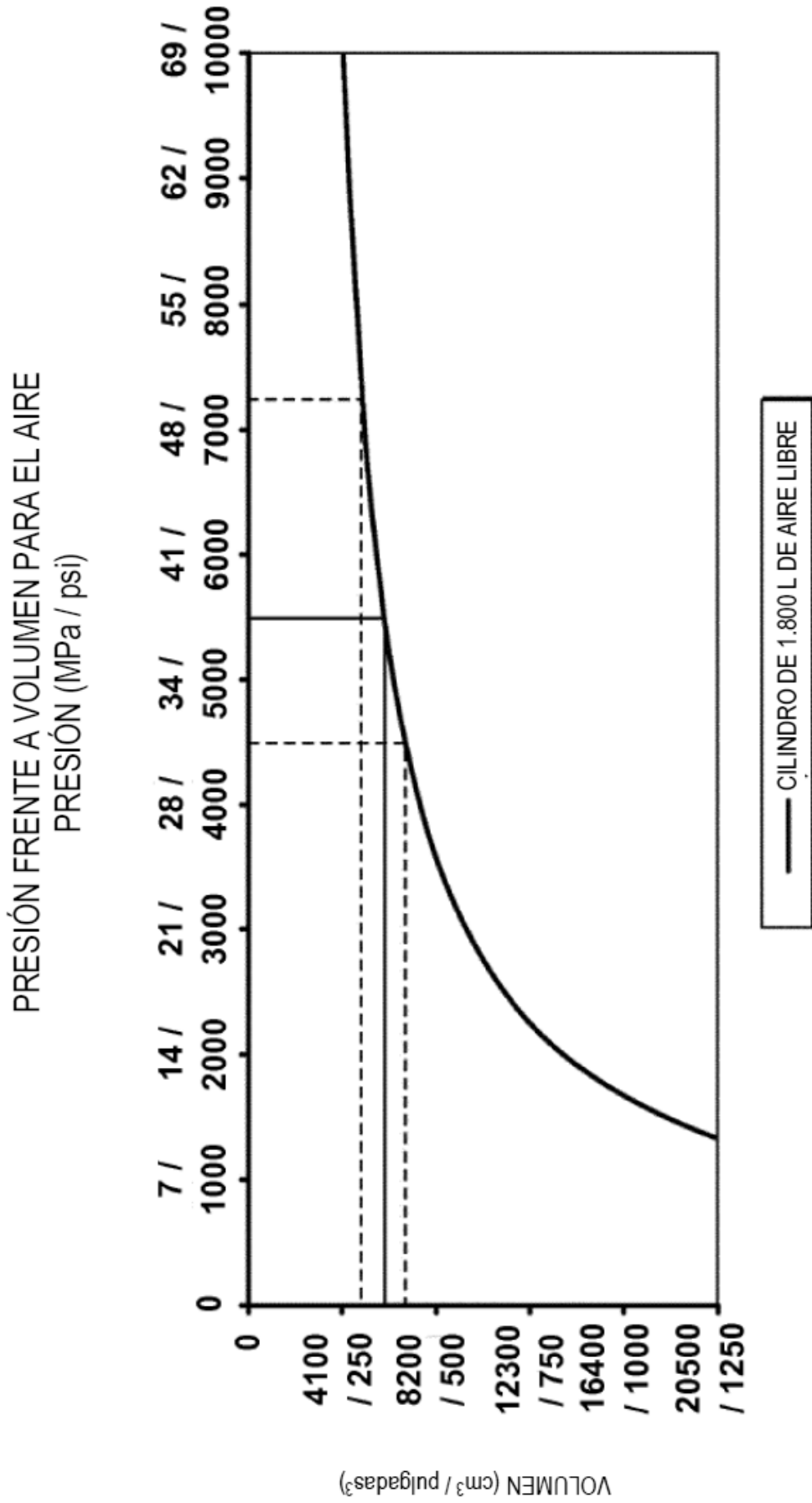


FIG. 6

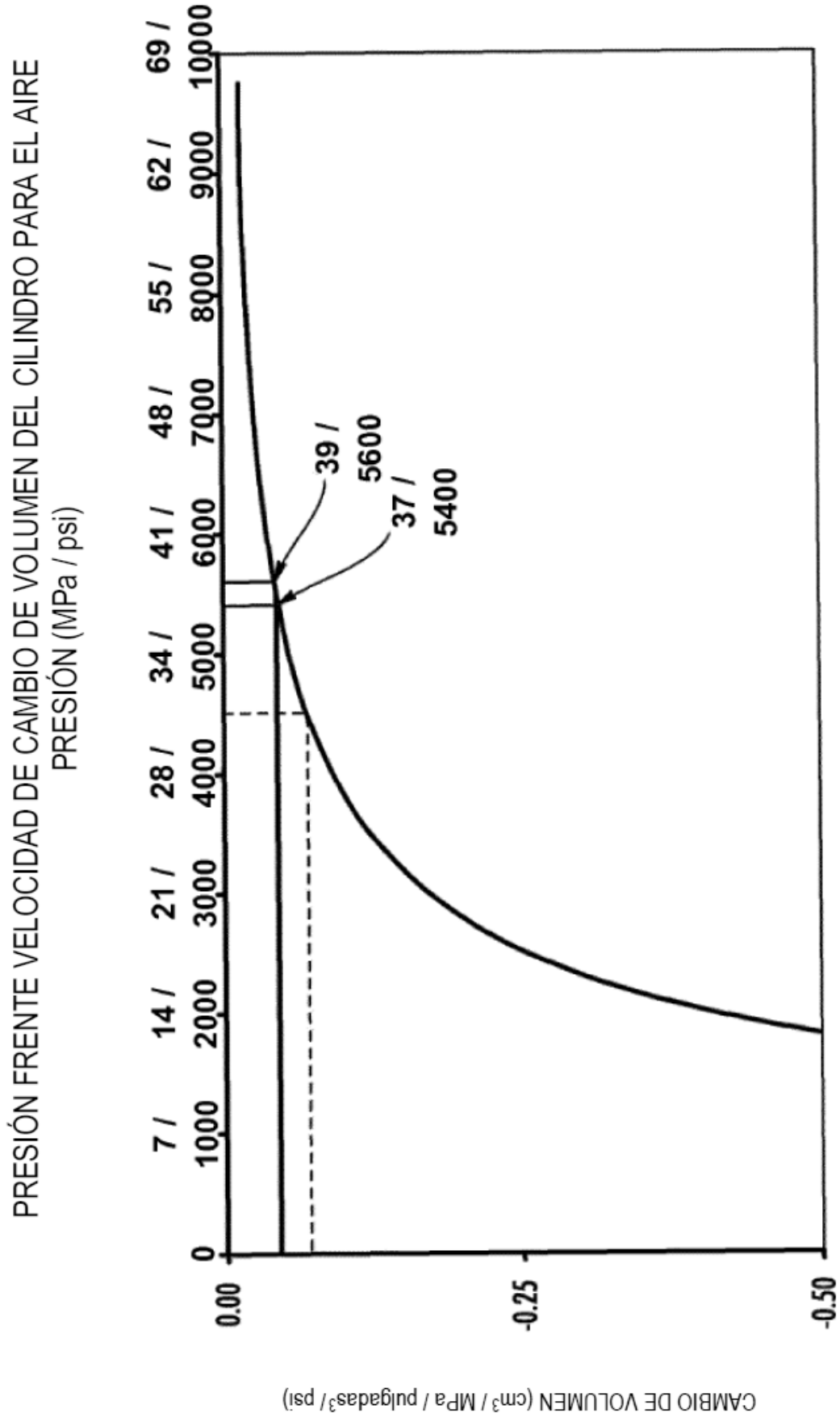


FIG. 7

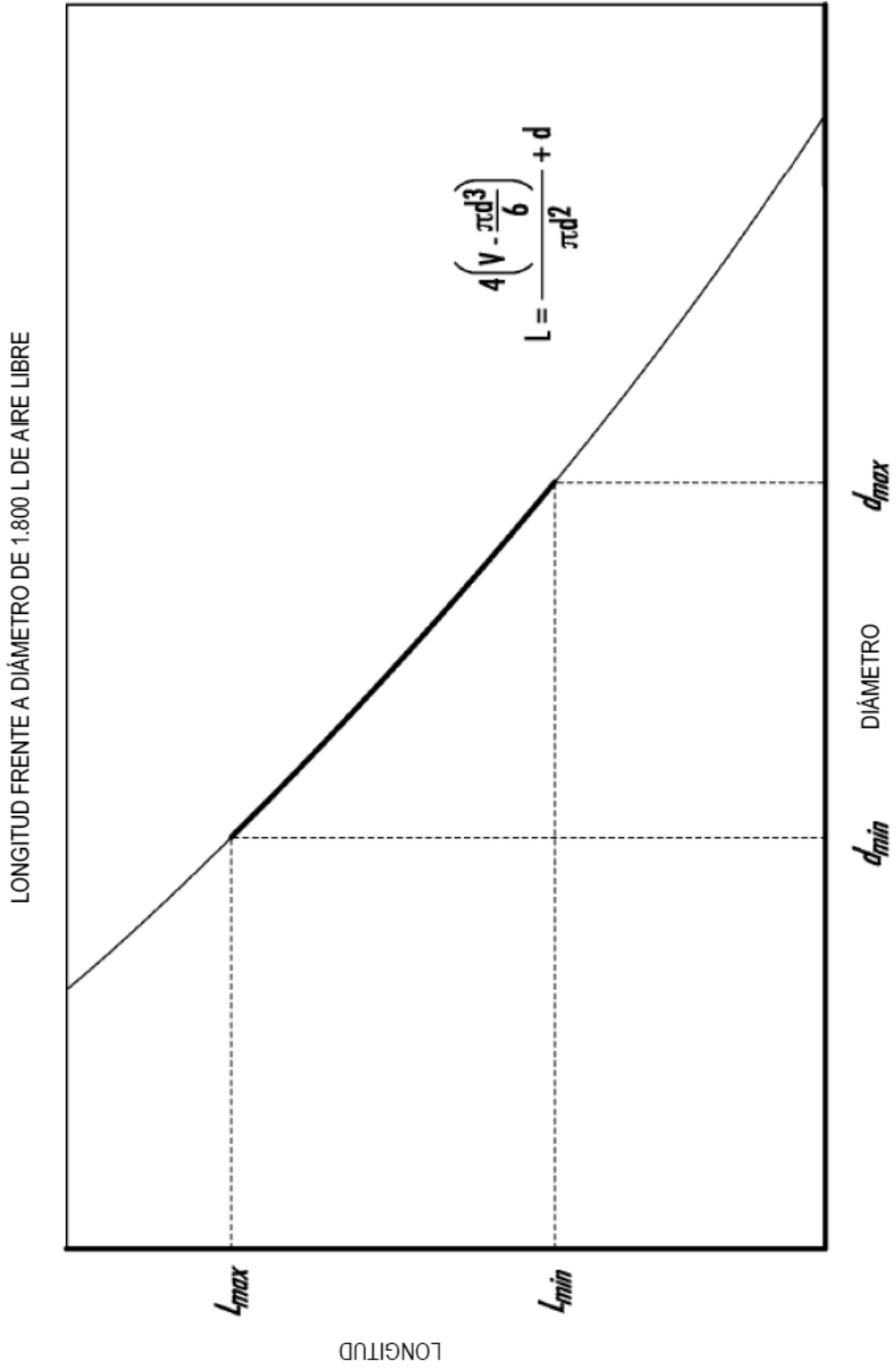


FIG. 8

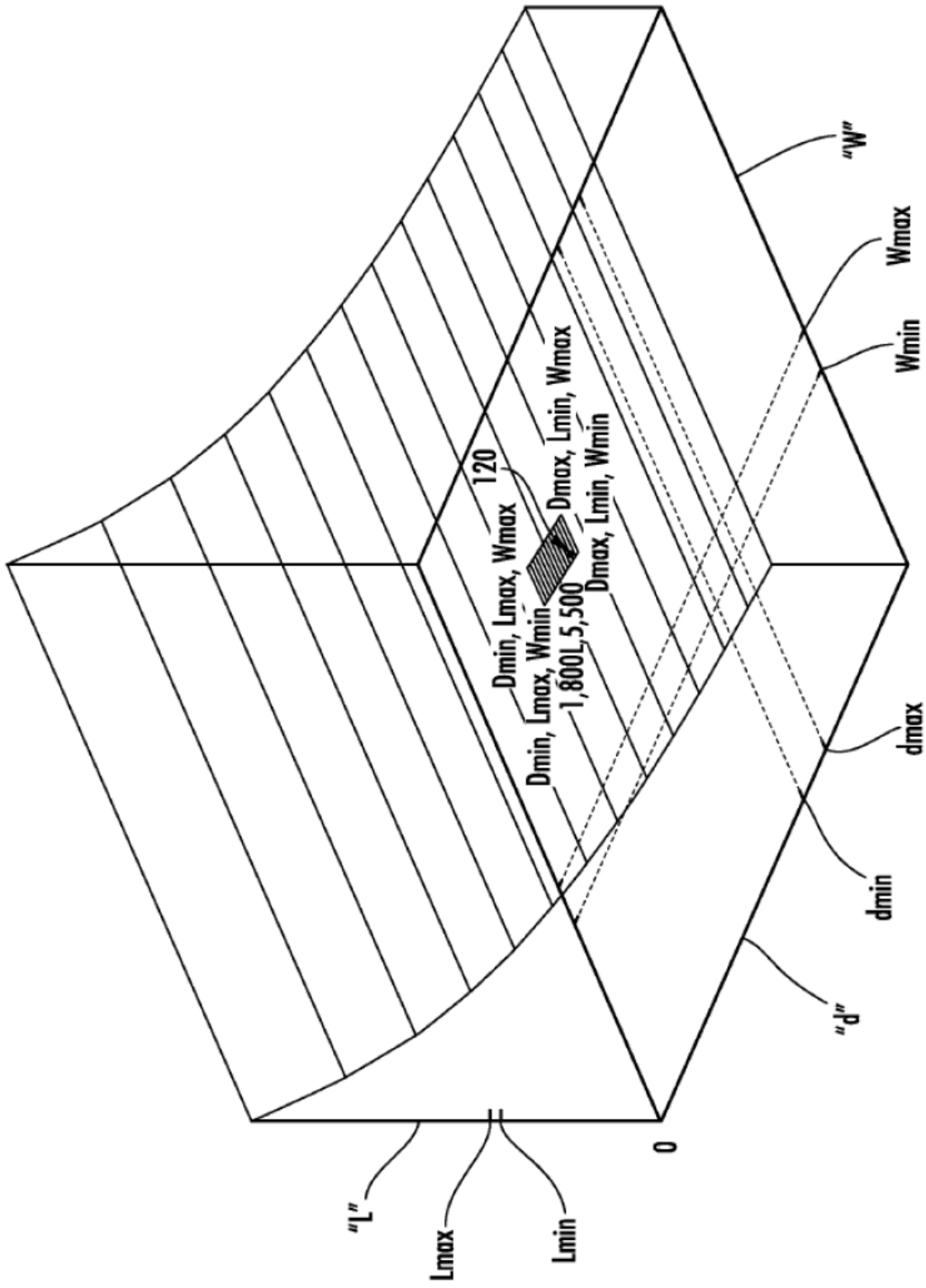


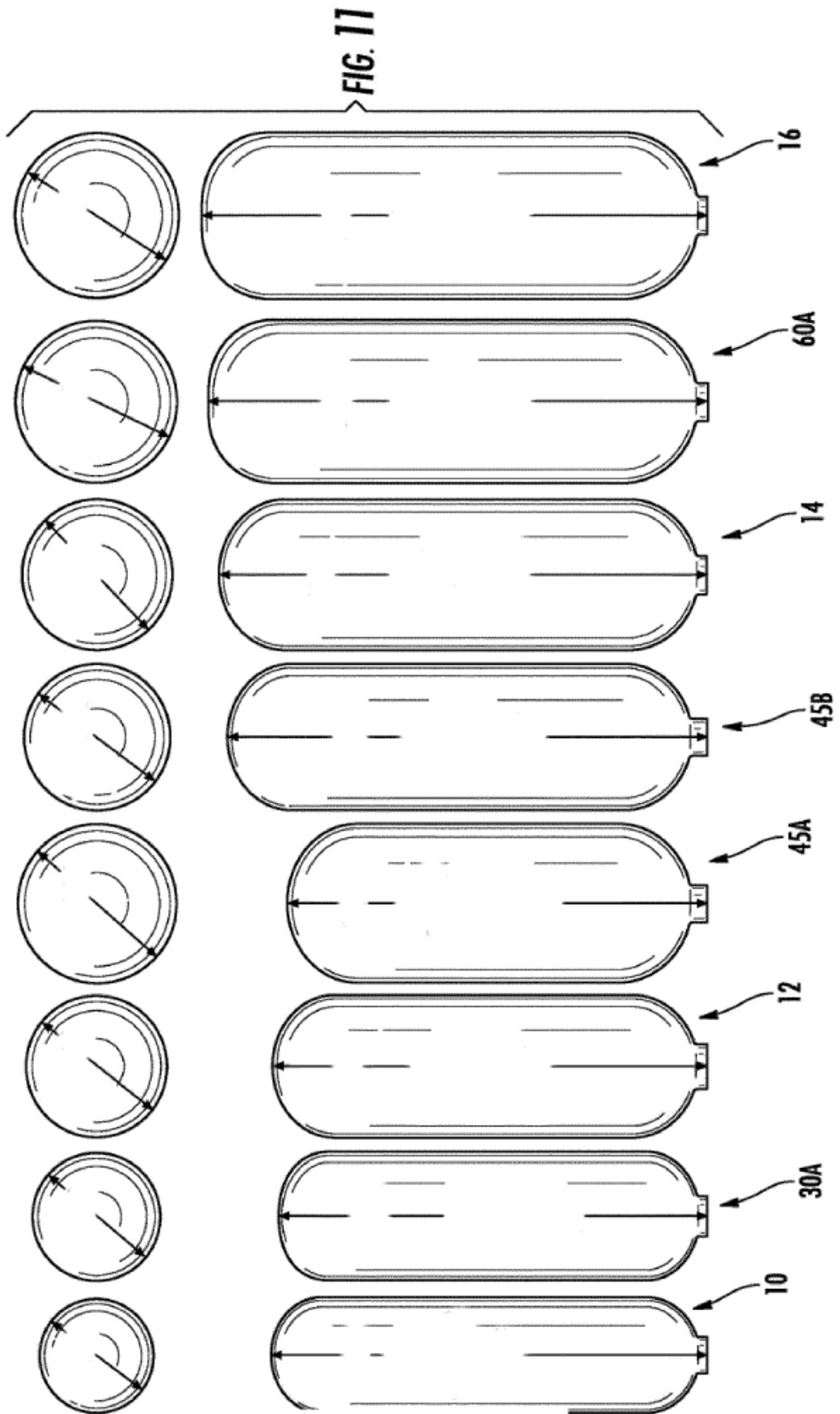
FIG. 9

Aire libre nominal [litros]	Tiempo de servicio nominal [minutos]	Presión de servicio [MPa (psi)]	Volumen de agua [cm ³ (pulgadas ³)]	Longitud [cm (pulgadas)]	Diámetro [cm (pulgadas)]	Radio [cm (pulgadas)]	Peso [kg (lbf)]
1.200	30	31 (4.500)	4.670 (285)	47,12 (18,55)	2,92 (0,20)	1,46 (0,10)	3,0 (6,6)
1.200	30	38 (5.500)	3.818 (233)	48,00 (18,90)	2,63 (0,18)	1,46 (0,10)	2,6 (5,8)
1.800	45	31 (4.500)	6.850 (418)	52,83 (20,80)	4,09 (0,28)	2,19 (0,15)	4,1 (9,0)
1.800	45	38 (5.500)	5.719 (349)	47,75 (18,80)	3,50 (0,24)	2,19 (0,15)	3,5 (7,8)
2.400	60	31 (4.500)	9.013 (550)	55,12 (21,70)	5,25 (0,36)	2,92 (0,20)	5,3 (11,6)
2.400	60	38 (5.500)	7.620 (465)	53,87 (21,21)	4,52 (0,31)	2,92 (0,20)	4,5 (10,0)

Cambio de volumen comprimido								
Tiempo de servicio nominal [min]	Presión de servicio [MPa (psi)]	Cambio de volumen comprimido						
		4.500 – 5.000 [cm ³ (pulgadas ³)]	4.500 – 5.500 [cm ³ (pulgadas ³)]	4.500 – 6.500 [cm ³ (pulgadas ³)]	4.500 – 5.000 [%]	4.500 – 5.000 [%]	4.500 – 6.500 [%]	
30	38 (5.500)	574 (35)	1065 (65)	1196 (73)	12,3	18,2	22,8	25,6
45	38 (5.500)	655 (40)	1377 (84)	1524 (93)	9,6	16,5	20,1	22,2
60	38 (5.500)	705 (43)	1671 (102)	1835 (112)	7,8	15,5	18,5	20,4

Dimensiones internas								
Aire libre nominal [litros]	Tiempo de servicio nominal [min]	Presión de servicio [MPa (psi)]	Dimensiones del cilindro					
			d min [cm (pulgadas)]	d max [cm (pulgadas)]	L min [cm (pulgadas)]	L max [cm (pulgadas)]	W min [kgf (lbf)]	W max [kgf (lbf)]
1.200	30	38 (5.500)	10,9 (4,3)	11,9 (4,7)	37,6 (14,8)	43,9 (17,3)	2,6 (5,7)	3,0 (6,6)
1.800	30	38 (5.500)	12,7 (5,0)	13,7 (5,4)	42,9 (16,9)	49,5 (19,5)	3,5 (7,8)	4,1 (9,0)
2.400	60	38 (5.500)	14,5 (5,7)	15,5 (6,1)	121,7 (17,9)	51,6 (20,3)	4,5 (10,0)	5,3 (11,6)
3.000	75	38 (5.500)	15,7 (6,2)	17,3 (6,8)	46,7 (18,4)	53,3 (21,0)	5,7 (12,5)	5,7 (12,5)

FIG. 10



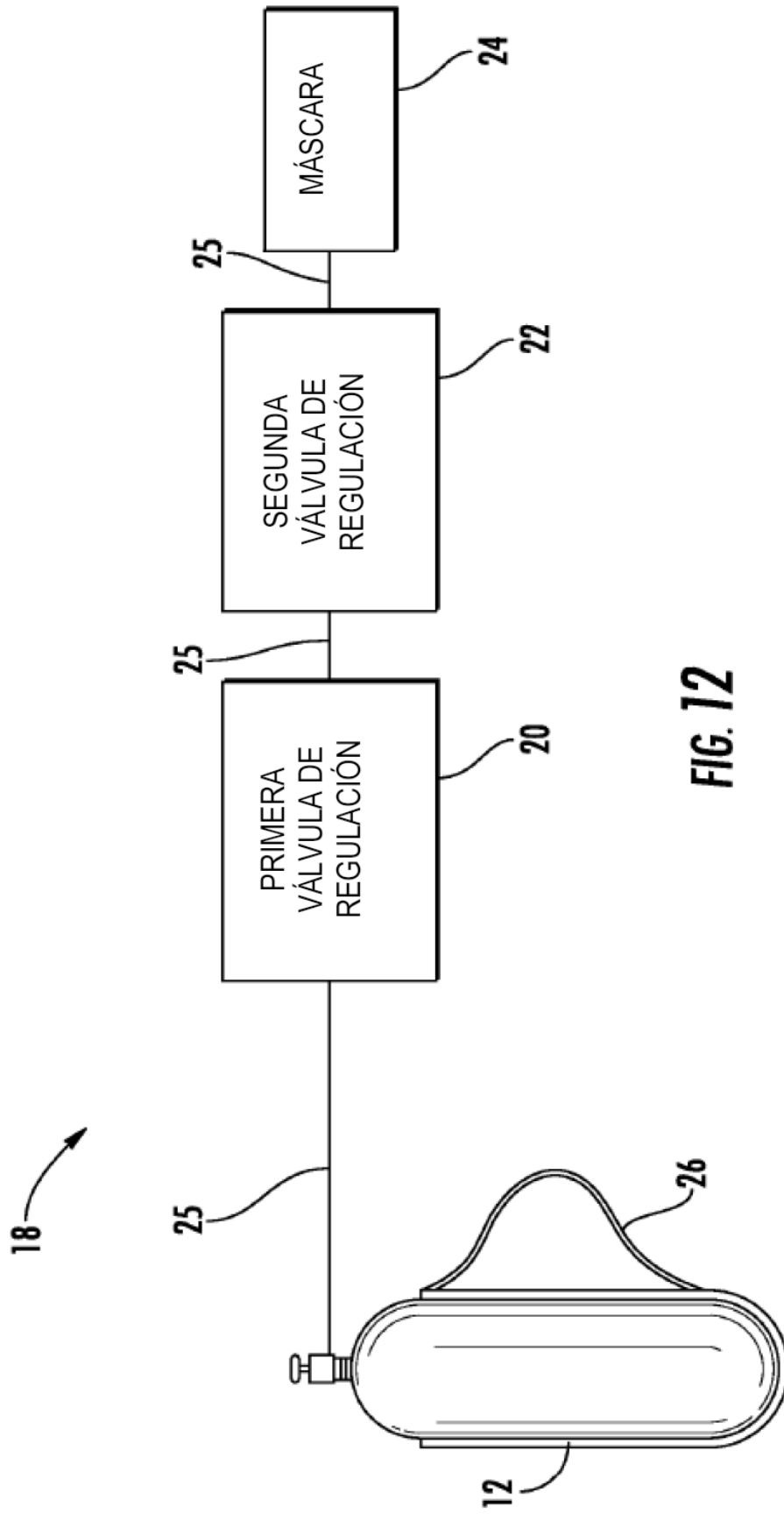


FIG. 12