

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 279**

51 Int. Cl.:

F01B 17/04	(2006.01)
F01B 27/00	(2006.01)
F01B 29/00	(2006.01)
F01B 29/12	(2006.01)
F01K 21/00	(2006.01)
F22B 27/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2016 PCT/US2016/032689**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.11.2016 WO16187113**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2016 E 16797088 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3298240**

54 Título: **Motor de cavitación**

30 Prioridad:

18.05.2015 US 201562162970 P

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

29.12.2020

73 Titular/es:

**AHO, RICHARD E. (100.0%)
4170 N. W. 42 Street
Lauderdale Lakes, Florida 33319, US**

72 Inventor/es:

**AHO, RICHARD E. y
MEE, WILLIAM, WALTER**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 800 279 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

Motor de cavitación

5 Referencia cruzada a la solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica prioridad sobre la solicitud provisional estadounidense N.º 62/162,970, presentada el 18 de mayo de 2015 y titulada MOTOR DE CAVITACIÓN.

10 Campo

La presente divulgación se refiere a motores de cavitación. Más particularmente, la divulgación se refiere a estructuras de motor de cavitación que generan vapor a partir de agua líquida alimentada al motor de una manera que permita una eficiencia mejorada en comparación con los dispositivos convencionales de generación de vapor.

15 Antecedentes

Se desea una mejora en la construcción de motores o similares que generen vapor del agua alimentada al motor. Los motores convencionales o dispositivos similares que convierten el agua líquida en vapor son ineficientes en términos de su uso de energía.

La presente divulgación se refiere a estructuras de motor más eficientes energéticamente configuradas para inyectar agua líquida de forma controlada para promover la formación de burbujas de cavitación dentro del agua inyectada, y para impactar el agua inyectada sobre una superficie de impacto de una cámara de impacto para aplastar las burbujas de cavitación para generar vapor sobrecalentado a muy alta presión que puede usarse para generar electricidad o aprovecharse como salida de energía.

El documento US 2013/0145997 A1 se refiere a un aparato para generar vapor inyectando agua líquida de una fuente de agua con una presión de agua de al menos 68,95 MPa [10 000 psi] en una superficie de impacto de una cámara de impacto, en el que el agua inyectada se somete a un transición de fase prácticamente instantánea del estado líquido al estado gaseoso al entrar en contacto con la superficie de impacto, de este modo generando vapor. La cámara de impacto tiene una superficie de impacto plana sobre la cual se inyecta el agua verticalmente a través de un atomizador.

35 Sumario

El motor de cavitación según la invención se describe en la reivindicación 1. Los motores de cavitación según la divulgación están configurados para producir vapor sobrecalentado a alta presión a partir de agua líquida inyectada.

En un aspecto, un motor de cavitación según la divulgación incluye una cámara de impacto que tiene una superficie de impacto que tiene una temperatura de al menos 190,56 °C [375 grados Fahrenheit], y un inyector de fluido que tiene una salida posicionada para inyectar agua líquida hiperbárica en la superficie de impacto de la cámara de impacto a velocidades supersónicas de manera que las burbujas de cavitación estén presentes en el agua inyectada. La salida del inyector de fluido y la superficie de impacto están ubicadas una con respecto a la otra de tal manera que la salida esté separada a una distancia de la superficie de impacto de entre 3,81 y 11,43 mm [0,150 y 0,450 pulgadas] y el agua inyectada golpee el superficie de impacto en un ángulo de entre 85 y 95 grados. El impacto del agua con la superficie de impacto aplasta las burbujas de cavitación en el agua inyectada para generar una presión superior a 6,89 MPa [1000 libras por pulgada cuadrada] y producir vapor sobrecalentado.

En otro aspecto, el motor de cavitación según la divulgación incluye una cámara de impacto en forma de embudo que tiene una superficie de impacto que tiene una temperatura de al menos 190,56 °C [375 grados Fahrenheit], una abertura de diámetro pequeño en la parte inferior de la cámara de impacto, y una cámara de expansión debajo de la abertura de diámetro pequeño. El motor incluye un inyector de fluido que tiene una salida posicionada adyacente a un diámetro más grande de la cámara de impacto y ubicada para inyectar agua líquida hiperbárica sobre la superficie de impacto de la cámara de impacto a velocidades supersónicas de modo que las burbujas de cavitación estén presentes en el agua inyectada. La salida del inyector de fluido y la superficie de impacto están ubicadas una con respecto a la otra de tal manera que la salida esté separada a una distancia de la superficie de impacto de entre 3,81 y 11,43 mm [0,150 y 0,450 pulgadas] y el agua inyectada golpea la superficie de impacto en un ángulo de entre 85 y 95 grados. Las burbujas de cavitación en el agua inyectada son aplastadas por el impacto del agua inyectada sobre la superficie de impacto y los gases dentro de las burbujas de cavitación aumentan rápidamente de temperatura para crear vapor y presión sobrecalentados. La presión fuerza al vapor sobrecalentado a través de la abertura de diámetro pequeño de la cámara de impacto.

Breve descripción de los dibujos

65 Otras ventajas de la divulgación son evidentes por referencia a la descripción detallada cuando se considera junto con las figuras, que no están a escala para mostrar más claramente los detalles, en las que los números de referencia

similares indican elementos similares a lo largo de las diversas vistas, y en las que:

La figura 1 es una vista en perspectiva de un motor de cavitación según la divulgación.

5 La figura 2 es una vista frontal del motor de cavitación de la figura 1, con un recorte en parte para mostrar detalles internos.

La figura 3 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 2.

10 La figura 4 es una vista detallada de una parte de la figura 3.

La figura 5 es una vista superior del motor de cavitación de la figura 1.

15 La figura 6 es una vista inferior del motor de cavitación de la figura 1.

La figura 7 es una vista en perspectiva transparente del motor de cavitación de la figura 1.

La figura 8 es una vista frontal transparente del motor de cavitación de la figura 1.

20 Las figuras 9-19 muestran diversas vistas en sección transversal y detalladas del motor de cavitación de la figura 1.

La figura 20 es un gráfico que muestra el funcionamiento de un motor de cavitación según la divulgación.

25 Descripción detallada

Con referencia a los dibujos, la divulgación se refiere a un motor de vapor, y en particular a un motor de cavitación **100**. El motor de cavitación 100 produce vapor sobrecalentado inyectando agua líquida hiperbárica a velocidades supersónicas para crear burbujas de cavitación dentro del agua inyectada. El agua se inyecta en cámaras de impacto **102** calentadas especialmente configuradas que tienen superficies de impacto **102a** configuradas para aplastar o colapsar las burbujas de cavitación.

35 Se ha descubierto que inyectar agua de una manera que forme burbujas de cavitación en el agua e impactar el agua para aplastar las burbujas de cavitación genera vapor sobrecalentado a muy alta presión que puede usarse para generar electricidad o aprovecharse de otro modo como salida de energía. El agua de alimentación puede estar a temperatura ambiente, pero inicialmente puede calentarse, pero inyectarse como un líquido.

40 La cámara de impacto 102 está configurada ventajosamente para proporcionar una curvatura en forma de embudo de la cámara 102 como se muestra en los dibujos que se abre hacia un inyector de fluido con la dimensión más grande más cercana al inyector. Se ha descubierto que la forma y configuración descritas de la cámara de impacto 102 produce deseablemente una presión de golpe de ariete muy alta durante la colisión de la fracción de agua que aplasta rápidamente las burbujas de cavitación.

El motor 100 y las cámaras de impacto 102 incluyen los siguientes componentes, como se muestra en los dibujos:

45

Ref. #	Componente
1	Riel de combustible de alta presión
2	Sonda de termopar
4	Cable a sonda de termopar
6	Válvula de alivio de presión
7	Resorte para válvula de alivio de presión
8	Pieza de inserción para cámara de impacto 102
9	Entrada para inyector
12	Inyector piezoeléctrico
13	Cubierta exterior de la cámara de impacto 102
14	Tapón regulador de presión
15	Sonda de termopar de inmersión
16	Calentador
19	Pieza de inserción para cámara de impacto 102
20	Arandela de cobre
21	Bloque de retención del inyector

22	Bloque aislante del inyector
25	Bloque aislante del inyector
36	Junta tórica

Preferentemente, cada cámara de impacto 102 se precalienta inicialmente a 190,56 °C [375 grados F]. Una vez que el motor 100 está funcionando, la energía suministrada para el precalentamiento puede cesar, ya que se ha observado que la temperatura de las cámaras de impacto 102 permanecerá por encima de 190,56 °C [375 grados F] debido al funcionamiento del motor 100. Por ejemplo, la sonda de termopar 2 puede conectarse a un controlador digital para proporcionar el precalentamiento deseado.

En el presente documento, se entenderá que la cavitación se refiere a la formación de cavidades de vapor en un líquido. Las cavidades de vapor se caracterizan como pequeñas zonas libres de cavitación líquida en forma de burbujas o huecos que son la consecuencia de las fuerzas de cavitación que actúan sobre el líquido. La cavitación ocurre cuando un líquido se somete a cambios rápidos de presión que causan la formación de cavidades donde la presión es relativamente baja. Cuando se somete a una presión más alta, como en el caso de los motores de cavitación según la divulgación, se ha observado que los huecos implosionan o de otro modo se aplastan y generan una intensa onda de choque y alta presión.

Por lo tanto, se entenderá que las estructuras de motor según la divulgación están configuradas para recibir agua inyectada y para promover la cavitación del agua inyectada para generar una presión muy alta que puede usarse para generar electricidad o aprovecharse de otro modo como una salida de energía. Es decir, el inyector 12 inyecta agua de tal manera que se crean burbujas o huecos en la corriente de agua inyectada, denominada en el presente documento burbujas de cavitación.

Según la divulgación, y sin estar limitado por la teoría, se cree que cuando el agua inyectada colisiona con la superficie de impacto 102a de la cámara de impacto 102, se produce una onda de choque y el agua se fractura para aplastar las burbujas y el agua se transforma instantáneamente en vapor sobrecalentado. Es decir, el inyector 12 funciona para formar burbujas de cavitación en el agua y la superficie de impacto 102a coopera de manera que las burbujas de cavitación en el agua inyectada se aplasten al impactar el agua con la superficie de impacto 102a.

Por lo tanto, los motores de cavitación según la divulgación abarcan (1) inyectar agua líquida de una manera que cree burbujas de cavitación, e (2) impactar el agua sobre una superficie de impacto de una manera que aplaste rápidamente las burbujas de cavitación en el impacto. El agua inyectada está deseablemente sustancialmente saturada con burbujas de cavitación. El aplastamiento de las burbujas de cavitación de esta manera hace que la temperatura de los gases dentro de las burbujas aumente rápidamente y eleve la temperatura del agua circundante y el vapor resultante, lo que crea vapor sobrecalentado a alta presión. Las estructuras descritas han funcionado con éxito para inyectar agua de una manera que resulte en la generación de vapor sobrecalentado a alta presión.

El vapor sobrecalentado producido por la colisión del agua líquida inyectada con la superficie de impacto 102a se canaliza a través de una abertura de diámetro pequeño **102b** a un área ampliada que proporciona una cámara de expansión **102c** de la cámara de impacto 102 (figura 13). La válvula de alivio de presión 6 retiene la presión hasta que excede una presión de resorte preestablecida, en cuyo punto la válvula 6 permite la salida de la presión que puede encaminarse para un uso posterior. Por ejemplo, el motor 100 puede utilizarse para alimentar un generador eléctrico o similar.

A modo de ejemplo, un diámetro superior de la cámara de impacto 102 adyacente al inyector 12 es de aproximadamente 3,05 cm [1,2 pulgadas]. El diámetro exterior preferente de la abertura de diámetro pequeño para tal cámara de impacto es 3,81 mm [0,150 pulgadas] (relación $0,150/1,2 = 0,125$). Además, se ha observado que es deseable que el volumen de la cámara de expansión 102c no exceda el volumen de la cámara de impacto.

Se ha observado que el ángulo de incidencia del agua cuando golpea la superficie de impacto 102a y la proximidad de la superficie de impacto 102a de la cámara de impacto 102 a un orificio o salida 12a del inyector de fluido 12 son críticos para el funcionamiento del motor de cavitación de la divulgación. La presión del agua a medida que se inyecta y el tamaño del orificio de la salida **12a** también afectan la velocidad del agua inyectada. La velocidad del agua afecta directamente la onda de choque en la superficie de impacto 102a y la presión resultante del golpe de ariete dentro de la gota que contiene las nano burbujas de vapor.

La presión del agua inyectada varía preferentemente de aproximadamente 34,74 MPa a aproximadamente 206,84 MPa [5000 psi a aproximadamente 30 000 psi], lo más preferentemente aproximadamente 137,90 MPa [20 000 psi]. Las velocidades de agua preferentes varían de 1500 metros/segundo a 2000 metros/segundo. En el caso de agua inyectada a 137,90 MPa [20 000 psi], se usa un inyector que tiene un orificio de 127 μm [0,005 pulgadas] de diámetro, y funciona para inyectar pulsos de agua de 0,295 ml/pulso. El agua inyectada de esta manera tiene una velocidad de 1700 metros/segundo.

También se ha descubierto que es deseable que el ángulo de inyección del inyector 12a y el ángulo de la superficie

de impacto 102a estén configurados para cooperar de modo que el agua inyectada golpee la superficie de impacto 102a en un ángulo A de aproximadamente 85 a 95 grados, y lo más preferentemente aproximadamente de 90 grados (figuras 18 y 19). Por lo tanto, para diferentes inyectores que tienen un ángulo de inyección diferente, la inclinación de la superficie de impacto 102a de la cámara de impacto 102a se selecciona de modo que el agua inyectada golpee la superficie de impacto 102a en un ángulo de aproximadamente 90 grados.

Por ejemplo, con referencia a la figura 18, se muestra la cámara de impacto 102 con el inyector 12a provisto por un inyector hidráulico que inyecta agua en un ángulo de aproximadamente 35 grados. Como se muestra, la cámara de impacto 102 está configurada, por tanto, de modo que la superficie de impacto 102a esté en un ángulo de aproximadamente 35 grados, de modo que el agua inyectada representada por la línea **W** golpee la superficie de impacto 102a en un ángulo de aproximadamente 90 grados.

Se entenderá que el agua inyectada se proporcionará en una franja de 360 grados y que la superficie de impacto 102a también es una superficie de 360 grados ya que tiene forma de embudo. Sin embargo, se apreciará que el agua inyectada sigue una línea de pulverización representada por la línea **W** de modo que el inyector 12a esté a una distancia deseada de la superficie de impacto 102a como se describe más completamente a continuación.

En otro ejemplo, la figura 19 muestra el inyector 12a proporcionado por un inyector de combustible diésel piezoeléctrico Ford que inyecta agua en un ángulo de aproximadamente 15 grados. Como se observará, la superficie de impacto 102a está orientada de manera que el agua inyectada golpee la superficie de impacto 102a en un ángulo de aproximadamente 90 grados. Como se observará, las paredes laterales de la cámara de impacto 102 debajo de la superficie de impacto 102a de la cámara de impacto 102. Esta distancia de la salida 12a a la superficie de impacto 102a está representada por la longitud de la línea **W** en las figuras 18 y 19.

Con respecto a la proximidad de la salida del inyector 12 a la superficie de impacto 102a, se verá que el inyector 12 termina en la salida 12a que se extiende hacia una porción superior de la cámara de impacto 102. La salida 12a está posicionada para inyectar agua líquida sobre la superficie de impacto 102a. La salida 12a está situada convenientemente a una distancia de entre aproximadamente 3,81 y 11,43 mm [0,150 – 0,450 pulgadas] desde la superficie de impacto 102a de la cámara de impacto 102. Esta distancia de la salida 12a a la superficie de impacto 102a está representada por la longitud de la línea **W** en las figuras 18 y 19.

Se ha observado que distancias mayores tenderán a disipar la corriente de inyección y las burbujas de vapor presentes en la corriente se perderán. Es importante que la inyección de agua, que está saturada de burbujas de cavitación, impacte la superficie con la fuerza máxima para que la presión del golpe de ariete aplaste las burbujas y libere la energía asociada con el colapso de la burbuja.

Es deseable colapsar al máximo estas burbujas para obtener la mayor energía térmica, que es una función del cubo de la relación de burbujas (Radio expandido/Radio colapsado) y producto de la relación de presión. Se cree que es por eso por lo que el calor observado durante el funcionamiento del motor es tan intenso. A este respecto, se cree que se produce una separación covalente de oxihidrógeno donde se requieren temperaturas superiores a 3000 grados C para obtener aproximadamente un 50 % de disociación. La presión de impacto del golpe de ariete cae exponencialmente a medida que aumenta la distancia desde el orificio del inyector. El ángulo de impacto también afecta la presión de impacto. Colocar el inyector cerca de la superficie de impacto no tiene sentido desde el punto de vista de la ingeniería de combustión, pero en nuestro caso es importante.

En consecuencia, se apreciará que la sincronización, la distancia y la geometría de la cámara de impacto 102 son críticas en el funcionamiento deseado del sistema del motor y la producción de calor. El sistema del motor funciona con presiones entre aproximadamente 103,42 - 193,05 MPa [15000 - 28000 psi]. Puede usarse una variedad de diámetros de orificio de inyector, entendiéndose que la presión y el orificio determinan el grado de cavitación en la corriente de inyección.

La sincronización de las inyecciones también afecta el funcionamiento del motor. El agua se inyecta deseablemente como pulsos discretos. El ancho de cada pulso controla el volumen de agua inyectada. El número de inyecciones por segundo controla la cantidad de producción de vapor por hora en libras de vapor/hora. Todo esto requiere una respuesta instantánea a todos los sensores. Por consiguiente, la temperatura de la cámara de impacto se controla para gestionar la temperatura de vapor de salida requerida por el motor primario del agua, tal como una turbina, expansor rotativo, motor de vapor alternativo, etc. El control del volumen de vapor producido por segundo afectará la velocidad de rotación de un motor de vapor que a su vez puede conducir un generador u otro dispositivo. Deseablemente, un sistema de control por ordenador se utiliza para monitorizar y ajustar las tasas y volúmenes de inyección, la temperatura de la cámara de impacto, las rpm del generador y la presión de salida.

Como se ha señalado anteriormente, se cree que la cavitación es responsable del calentamiento que ocurre dentro de la cámara de impacto. La cavitación ocurre dentro del orificio de la boquilla del inyector de combustible cuando la presión de flujo local cae por debajo de la presión de vapor del líquido. A medida que el agua presurizada y comprimida se expande a través del orificio, el líquido se acelera. Las líneas de corriente de flujo se contraen a medida que el líquido se expulsa de la boquilla y, según el principio de Bernouilli, esto provoca una reducción en la presión estática

local que puede llegar a ser más baja que la presión de vapor del agua, lo que lleva a una extensa formación de burbujas de cavitación. Estas burbujas de cavitación son expulsadas de la boquilla a velocidad supersónica hacia la cámara de impacto. Cuando chocan con la superficie de impacto 102a, son aplastadas por la presión.

5 Se forman burbujas de cavitación adicionales a medida que la fracción de eyección de fluido se desplaza hacia la superficie de impacto 102a ya que la presión ambiental dentro de la cámara de impacto es significativamente menor que la presión del agua que sale. La distancia desde el orificio del inyector es crítica para el funcionamiento del sistema y debe estar entre 3,81 y 11,43 mm [0,150 y 0,450 pulgadas] o las burbujas de cavitación se disiparán antes de golpear la pared de la cámara de impacto.

10 Las presiones de la onda de choque del golpe de ariete que se encuentran cuando la gota de agua golpea la superficie de impacto 102a pueden ser muy superiores a los 275 MPa (megapascuales). Esta presión es más que suficiente para aplastar cualquier burbuja de vapor que se haya formado. La energía liberada cuando ocurre este fenómeno puede ser superior a los 30 000 grados K (Kelvin). Dado que estas temperaturas son muy superiores a las requeridas para obtener la separación molecular de hidrógeno y oxígeno en el agua (las temperaturas superiores a 3000 grados C dan como resultado una separación molecular del 50 %), una parte significativa del agua se separa y posteriormente se quema liberando energía térmica.

15 En una realización preferente, el motor 100 incluye bancos de ocho cámaras de impacto dispuestas juntas. Sin estar limitado por la teoría, se cree que como resultado del aplastamiento de las burbujas de vapor, el calor se genera por conducción en el punto de impacto y el calor adicional es calor infrarrojo o irradiado. Se prefiere el uso de acero inoxidable 310 que tiene una conductividad térmica relativamente baja para las cámaras de impacto 102 para absorber el calor infrarrojo. El acero inoxidable 310 a 100 °C [212 grados Fahrenheit] tiene una conductividad térmica de 8,0. El
20 acero inoxidable 310 también es deseable como material para capturar el calor radiante porque tiene una emisividad térmica relativamente baja. La emisividad es una medida de la eficiencia en la cual una superficie emite energía térmica. La emisividad es la fracción de energía siendo emitida en relación con la emitida por una superficie térmicamente negra que tiene un valor de emisividad de 1. Un valor de emisividad de 0 representa un espejo térmico perfecto. El acero inoxidable 310 tratado para el servicio del horno tiene una emisividad de entre aproximadamente 0,90 y 0,97.

25 Se puede usar adicionalmente cerámica u otro material aislante para separar el cuerpo del inyector de la cámara de impacto para minimizar la pérdida de calor y capturar el calor. La pérdida primaria de calor es a través del vapor que sale de la válvula de alivio de presión. El vapor que sale de la válvula de alivio de presión es vapor de sobrecalentamiento y se puede usar para accionar un motor de vapor recíproco o una turbina de tipo expansor rotativo.
30 Se ha observado que la captura del calor radiante dentro de la cámara de impacto ofrece ventajas significativas para el funcionamiento del motor de cavitación.

35 La velocidad de rotación del motor de vapor o del expansor rotativo puede controlarse ajustando el flujo de vapor de sobrecalentamiento del motor de cavitación. Este flujo de salida de vapor se ajusta variando la tasa de inyección (inyecciones/segundo) de las cámaras de impacto individuales. Como se requiere potencia de salida adicional, el número de cámaras de impacto utilizadas y la tasa de inyección por cámara varían en tiempo real, según la demanda.

40 Se puede usar un sistema de bomba de agua triple de alta presión para proporcionar agua a alta presión (>137,90 MPa [>20 000 psi]) al colector de riel común que suministra los inyectores de combustible/agua. La velocidad de la bomba y, por lo tanto, la presión se regula controlando el flujo de energía a un motor eléctrico de CC. Un ordenador de control monitoriza la presión del colector del riel común y ajusta la velocidad de la bomba para mantener esta presión. Para minimizar el consumo de energía, la bomba solo funciona bajo demanda de agua de alimentación a los inyectores.

45 Se utiliza un módulo de control de inyector para suministrar la potencia de CC de 140 V requerida para encender los inyectores de combustible tipo piezoeléctrico. Un ordenador de control central controla los calentadores eléctricos de la cámara de impacto, la tasa de inyección de la cámara de impacto, la temperatura del agua de alimentación y la tasa de rotación cíclica del motor principal (motor de vapor, turbina de vapor) que acciona los generadores de energía.

50 Un motor de cavitación según la divulgación fue manejado con éxito y produjo los resultados de presión mostrados en la figura 20. El motor utilizado para los resultados mostrados en la figura 20 utilizaron un único inyector y una única cámara de impacto. No se proporcionó válvula de alivio y se utilizó un transductor de presión Omega para obtener lecturas de presión instantáneas. Debido a las presiones generadas, fue difícil manejar continuamente el motor debido a la falla de los sellos. Por lo tanto, las pruebas se mantuvieron por poco tiempo (1-2 segundos) mientras se realizan
55 esfuerzos para mejorar la longevidad de los sellos.

60 A modo de ejemplo, para el funcionamiento del motor para los resultados mostrados en la figura 20, la cámara de impacto se precalentó inicialmente a 190,56 °C [375 grados F] usando un calentador eléctrico, y luego se desconectó la potencia una vez que se realizó el precalentamiento. La cámara de impacto sellada precalentada y la cámara de expansión del motor estaban por debajo de 49,16 ml [3 pulgadas cúbicas], y el agua de alimentación de agua dulce era 71,11 °C [160 grados F]. Después de dos segundos de funcionamiento, lo que resultó en 10 inyecciones (5
65

inyecciones por segundo), la cámara de impacto se calentó a 301,67 °C [575 grados F] y produjo una presión de 9,26 MPa [1340 PSI]. En otra prueba de 3 segundos (5 inyecciones por segundo), se logró una presión de 13,44 MPa [1950 psi] antes de que fallara el sello.

5 También se ha observado que los resultados difieren basándose en la salinidad del agua. A este respecto, se observó que la cavitación aumentaba con el agua de mar (solución salina al 4 %) en comparación con el agua dulce. Se cree que se pueden utilizar otros líquidos además del agua.

10 Cuando se enciende el dispositivo inyector, se inyecta agua precalentada a presiones que oscilan entre 137,90 - 172,37 MPa [20 000 – 25 000 psi]. La alta caída de presión a través de la boquilla de inyección a medida que el agua sale a una presión atmosférica cercana dentro de la cámara de impacto, tiende a acelerar el líquido dentro de los pequeños orificios de la boquilla.

15 En los bordes afilados dentro de los orificios de la boquilla, tales como la entrada del orificio de la boquilla, las líneas de corriente se contraen de tal manera que se reduce la sección transversal efectiva del flujo, lo que conduce a una velocidad acelerada del líquido. Según el principio de Bernoulli, esto provoca una reducción en la presión estática local y puede alcanzar valores tan bajos como la presión de vapor del líquido. Cuando la presión local se hace más baja que la presión de vapor del líquido a temperaturas locales, se forman grandes cantidades de burbujas de cavitación dentro de la corriente de inyección.

20 Dado que la temperatura del líquido de expulsión se aproxima a los 90 grados C, la presión de vapor aumenta hasta 40 veces la temperatura ambiente. Esta situación aumenta aún más la cantidad de burbujas de cavitación que se forman. Sin estar limitado por la teoría, se cree que a medida que las gotas de agua que forman la corriente de inyección se desplazan hacia la cámara de impacto, se expande el gas en las burbujas de cavitación. Al impactar con la pared de la cámara hay un aumento repentino de la presión hidráulica dentro de la gota debido al efecto de golpe de ariete. Las presiones internas momentáneas pueden ser del orden de decenas de miles de psi. La colisión de las gotas de inyección con la pared de la cámara de impacto hace que se aplasten las burbujas de cavitación dentro de la gota.

25 30 Cuando las burbujas son forzadas a un diámetro muy pequeño por impacto, el gas dentro de la burbuja se acerca a temperaturas extremadamente altas, y las burbujas explotan y colapsan. Las temperaturas dentro de estas burbujas de cavitación colapsadas pueden alcanzar muchos miles de grados K (Kelvin). A estas altas temperaturas, el gas se convierte en un plasma sobrecalentado en el que las moléculas de agua se reducen a sus componentes atómicos constituyentes menos los electrones circundantes. El calor colectivo de esta gran cantidad de burbujas puede elevar la temperatura del agua circundante y el vapor resultante.

35 40 Se ha observado que los motores de cavitación según la divulgación tienen una eficiencia sustancialmente mejorada en comparación con los motores de vapor convencionales, tales como las calderas de vapor de ciclo Rankine de combustión externa convencional.

La descripción anterior de realizaciones preferentes para esta divulgación se ha presentado con fines de ilustración y descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un motor de cavitación (100) configurado para producir vapor sobrecalentado a partir de agua líquida hiperbárica inyectada, comprendiendo el motor:
- 5 una cámara de impacto (102) que tiene una superficie de impacto (102a);
un calentador (16) para calentar la superficie de impacto (102a) a una temperatura de al menos 190,56 °C [375 grados Fahrenheit]; y
un inyector de fluido (12) que tiene una salida (12a) posicionada para inyectar agua líquida hiperbárica sobre la
10 superficie de impacto (102a) de la cámara de impacto (102) a velocidades supersónicas de modo que las burbujas de cavitación estén presentes en el agua inyectada;
en el que la salida (12a) del inyector de fluido (12) y la superficie de impacto (102a) están ubicadas una en relación con la otra de tal manera que la salida (12a) esté separada a una distancia de la superficie de impacto (102a) de
15 entre 3,81 y 11,43 mm [0,150 y 0,450 pulgadas] y el agua inyectada golpee la superficie de impacto (102a) en un ángulo de entre 85 y 95 grados, y
en el que el impacto del agua inyectada con la superficie de impacto (102a) aplasta las burbujas de cavitación en el agua inyectada para generar una presión superior a 6,89 MPa [1000 libras por pulgada cuadrada] y producir vapor sobrecalentado.
- 20 2. El motor de cavitación (100) según la reivindicación 1, en el que el fluido inyectado se inyecta usando orificios de inyector orientados en tal ángulo hacia la superficie de la cámara de impacto (102) para producir una trayectoria casi perpendicular.
3. El motor de cavitación (100) según la reivindicación 1, en el que la cámara de impacto (102) tiene una curvatura en
25 forma de embudo que se abre hacia el inyector de fluido (12) que proporciona un ángulo de incidencia de agua inyectada de sustancialmente 90 grados.
4. El motor de cavitación (100) según la reivindicación 1, en el que la superficie de impacto (102a) está colocada en un ángulo con respecto a la horizontal de aproximadamente 10 grados a aproximadamente 45 grados, y el inyector
30 expulsa agua en un ángulo tal que el agua inyectada golpee la superficie de impacto (102a) en un ángulo de aproximadamente 90 grados.
5. El motor de cavitación (100) según la reivindicación 1, en el que el inyector de fluido (12) inyecta el agua a una presión de aproximadamente 137,90 MPa [20 000 psi] o superior.
35
6. El motor de cavitación (100) según la reivindicación 1, en el que la cámara de impacto (102) tiene un volumen e incluye una abertura de diámetro pequeño (102b) en la parte inferior de la cámara de impacto (102) y una cámara de expansión (102c) debajo de la abertura de diámetro pequeño (102b), teniendo la cámara de expansión (102c) un volumen menor que el volumen de la cámara de impacto (102), en el que el diámetro de la abertura de diámetro
40 pequeño (102b) es menor que el diámetro máximo de la cámara de impacto (102b) adyacente al inyector de fluido (12).

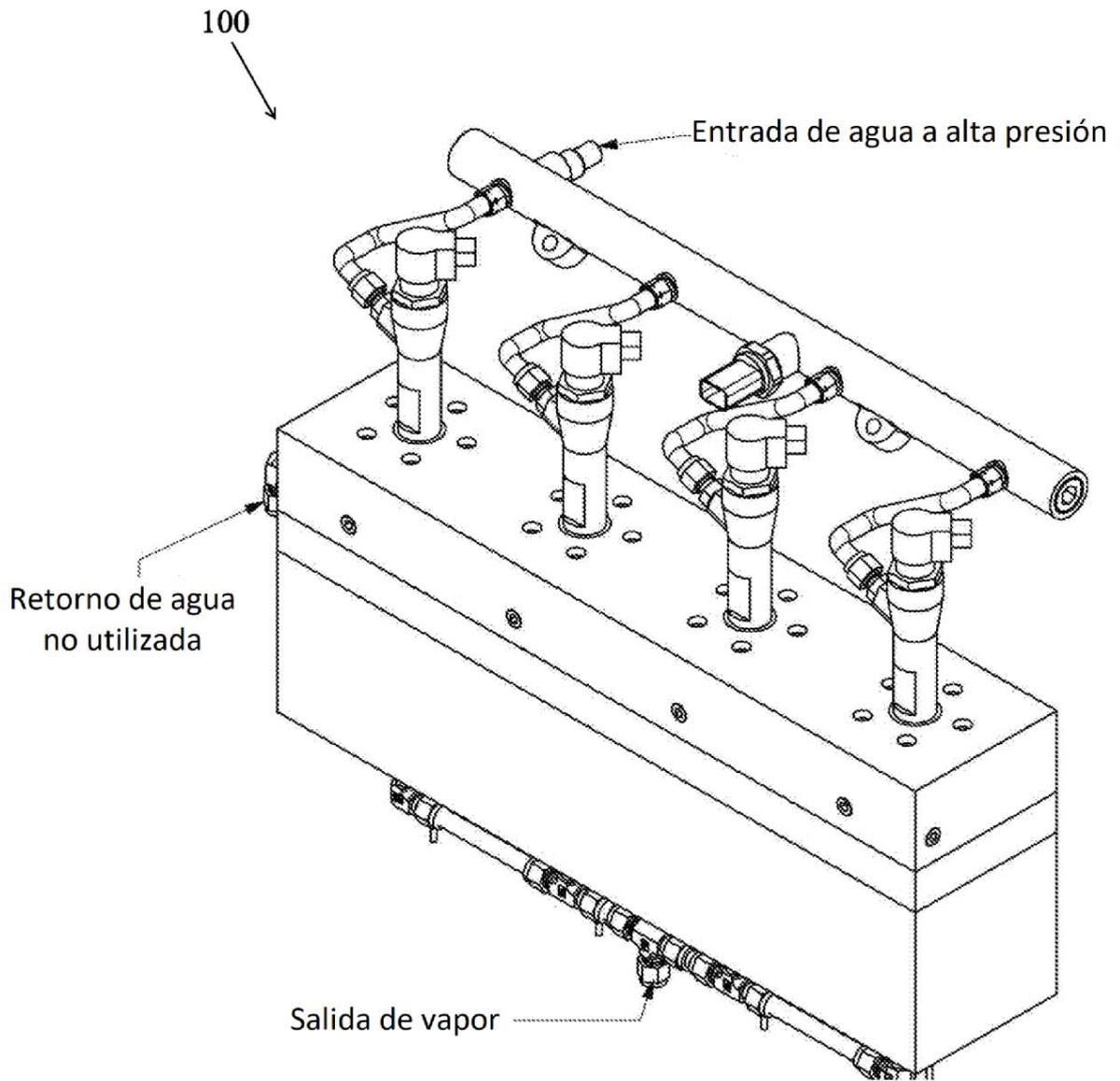


FIG. 1

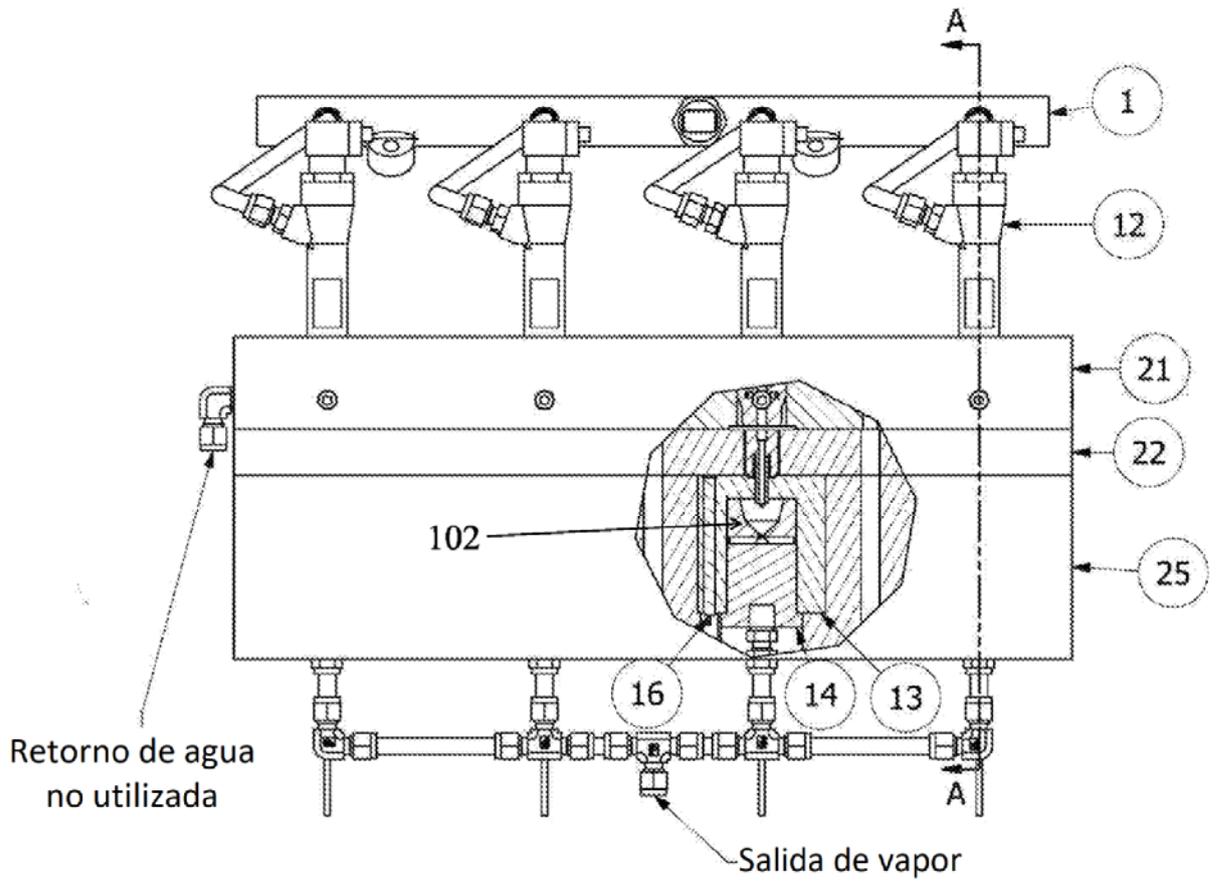


FIG. 2

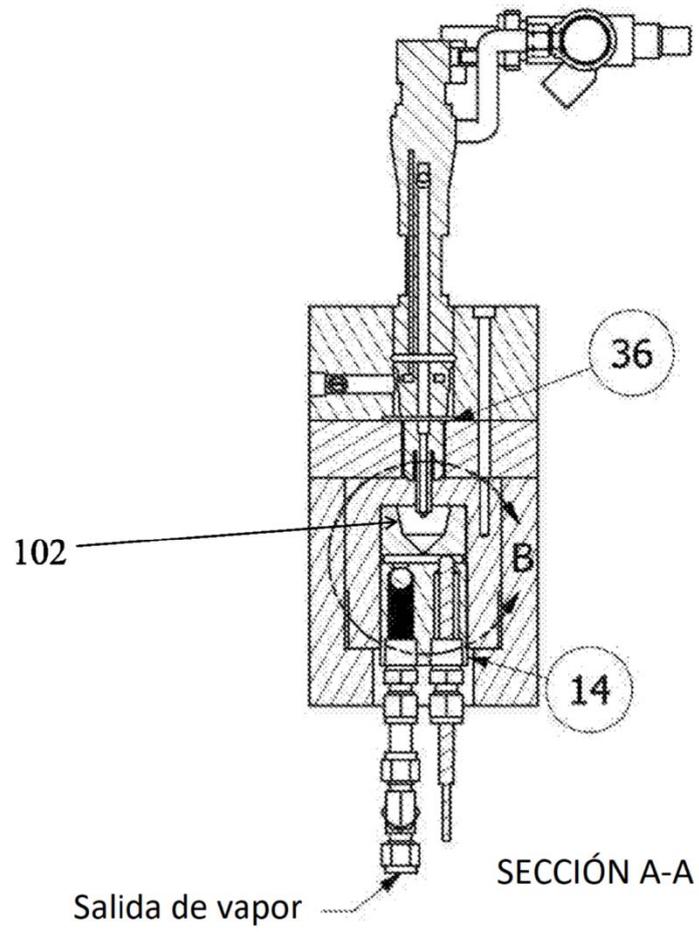


FIG. 3

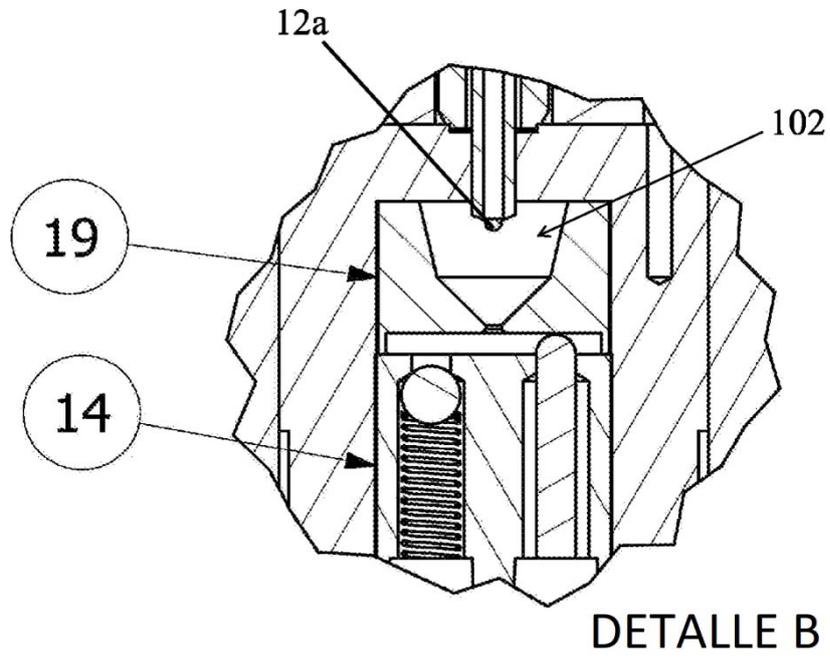


FIG. 4

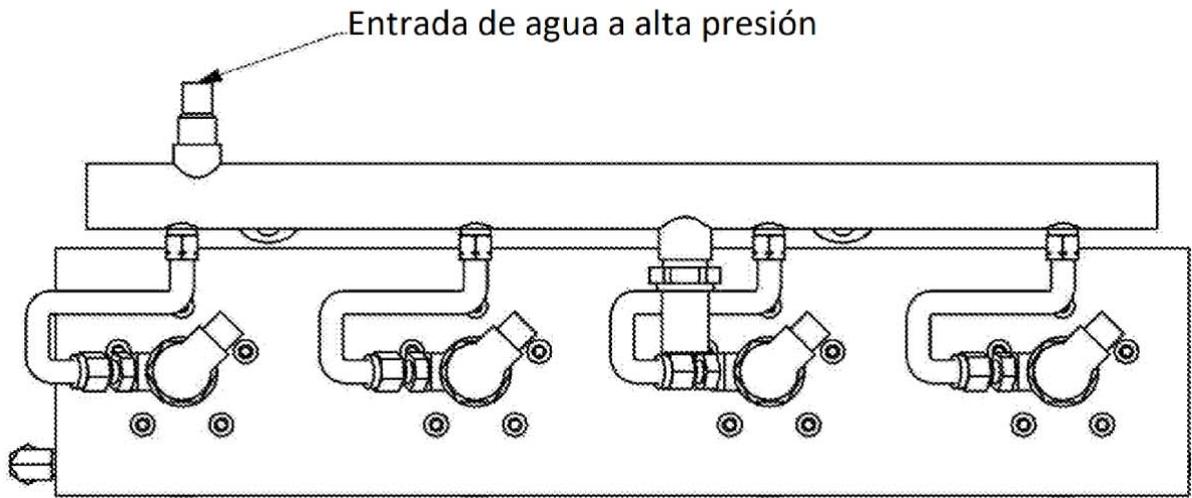


FIG. 5

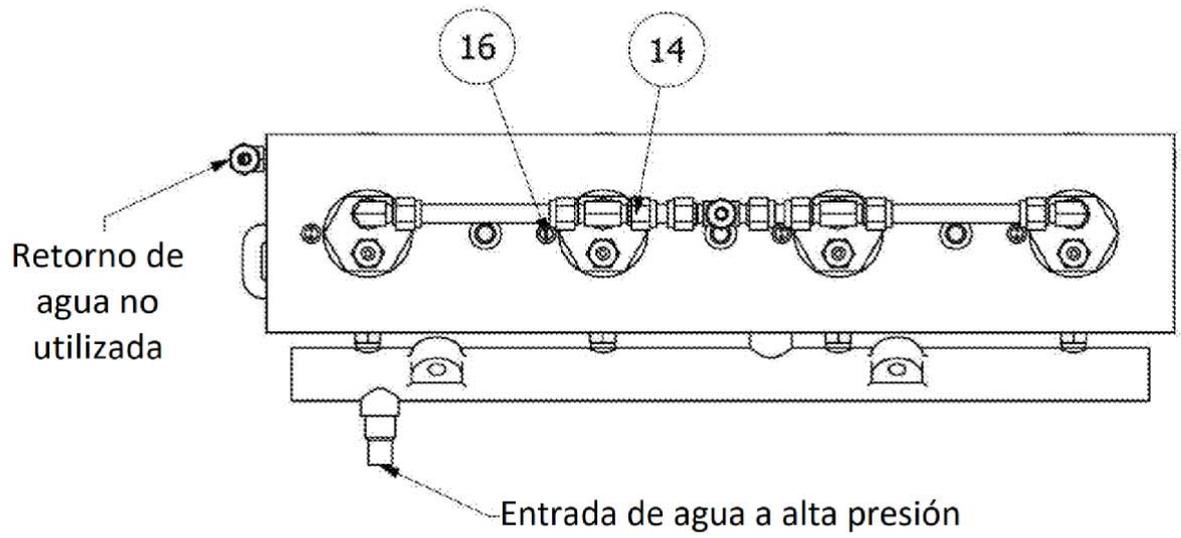


FIG. 6

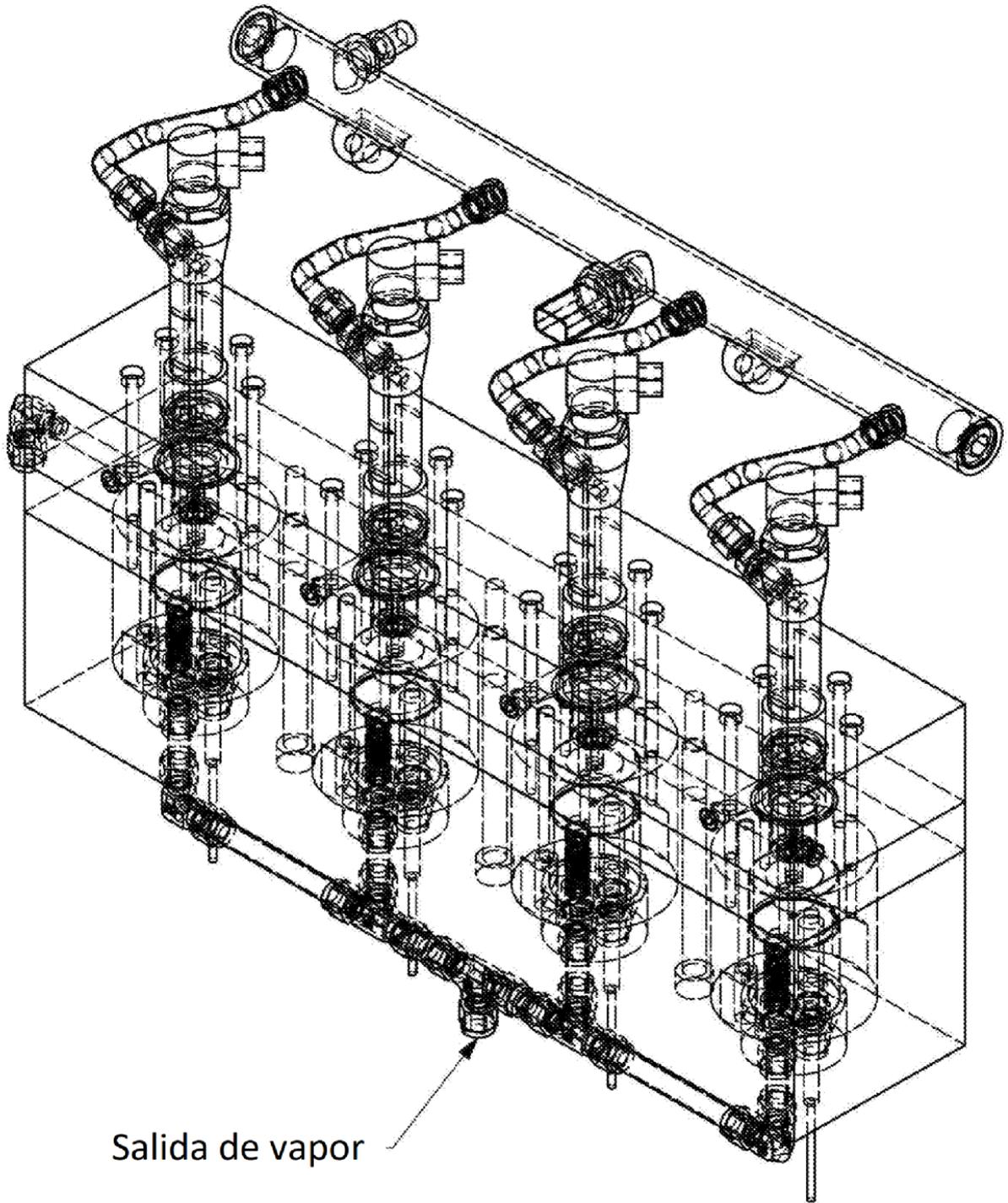


FIG. 7

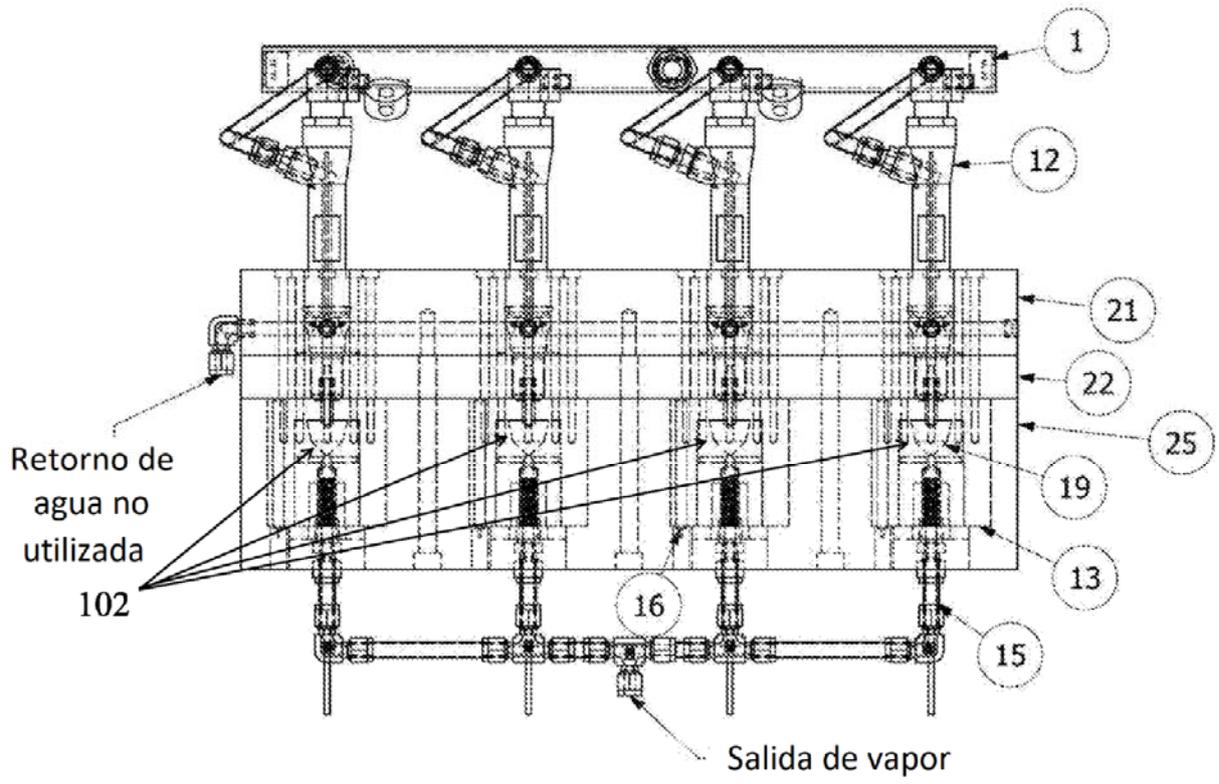


FIG. 8

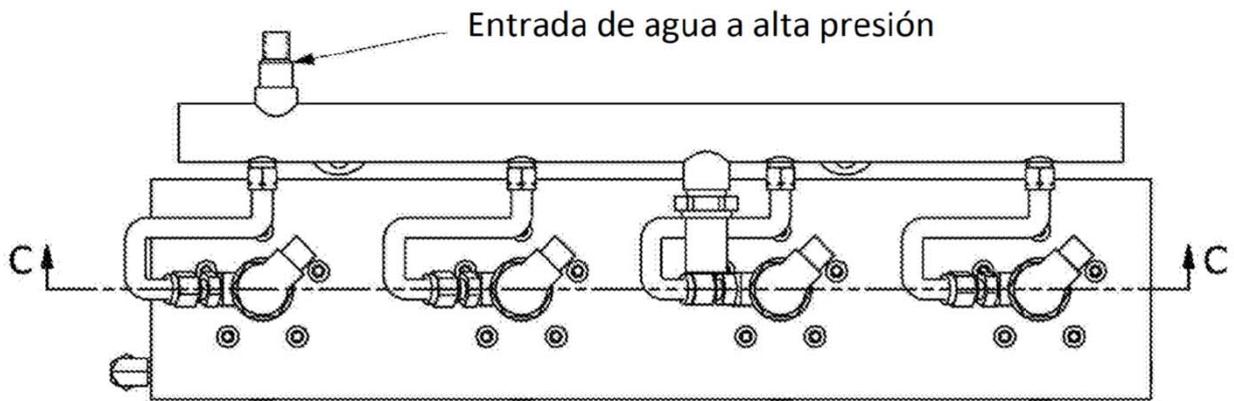


FIG. 9

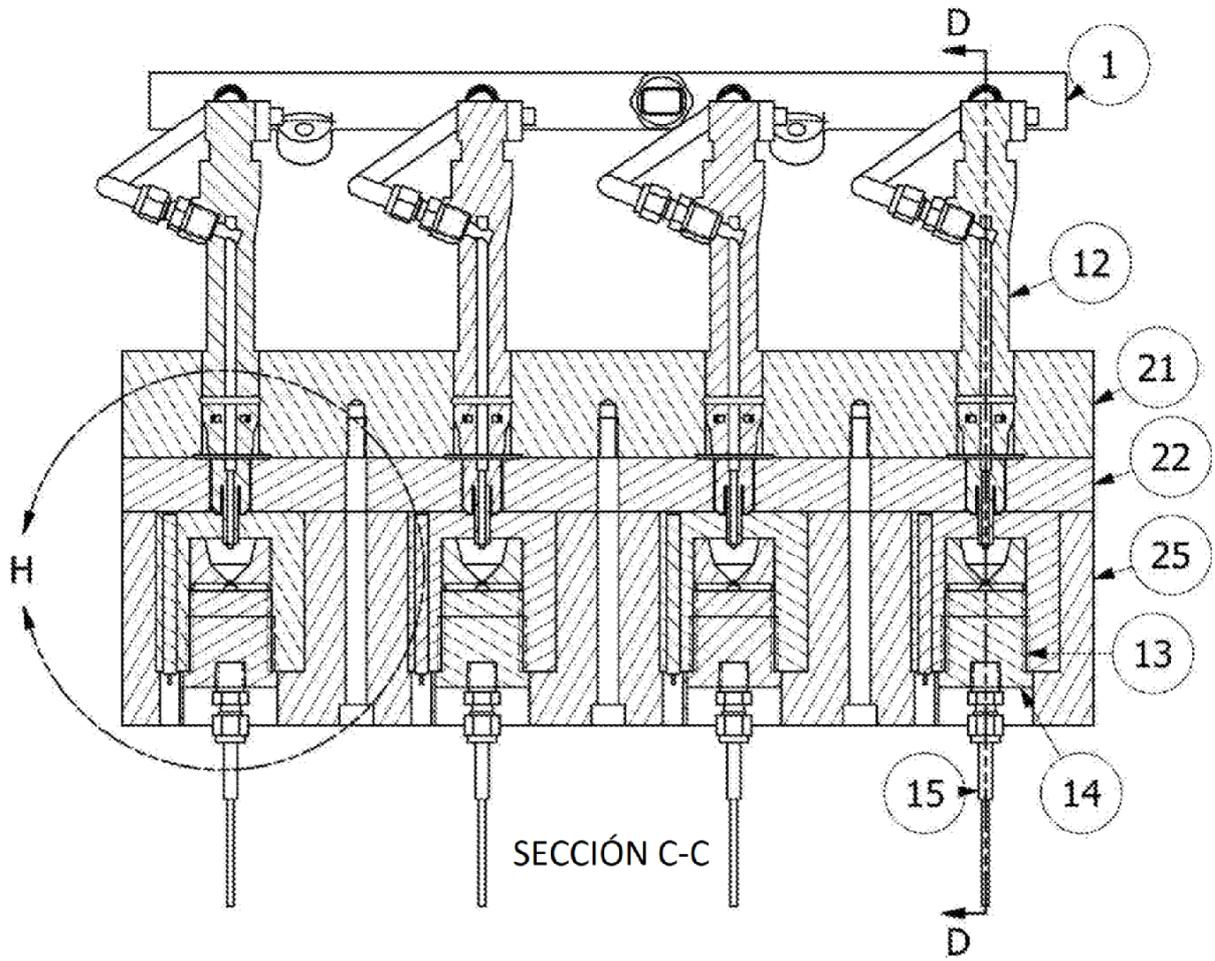


FIG. 10

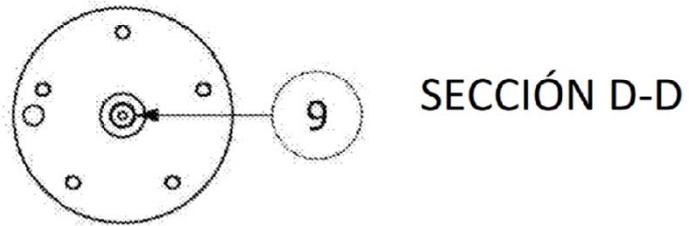


FIG. 11

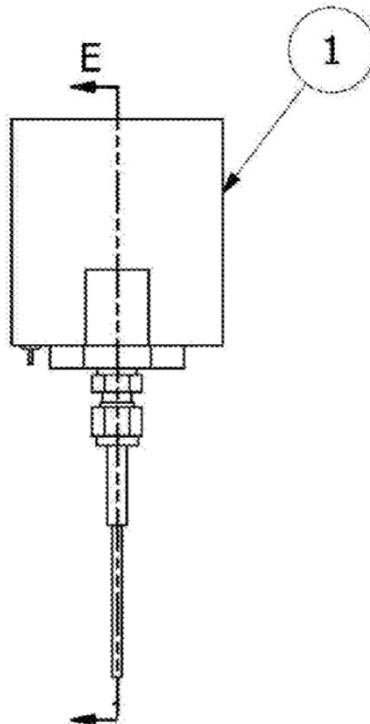


FIG. 12

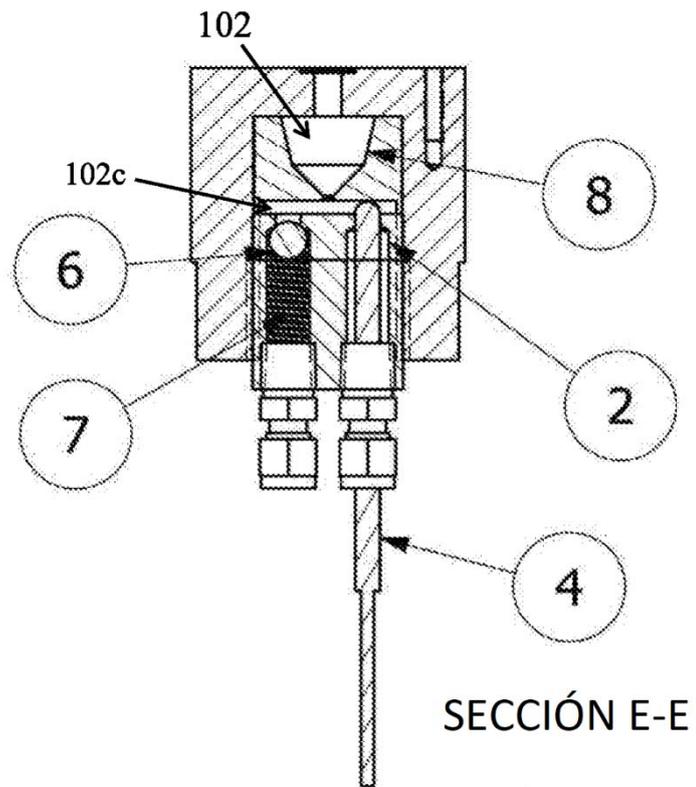


FIG. 13

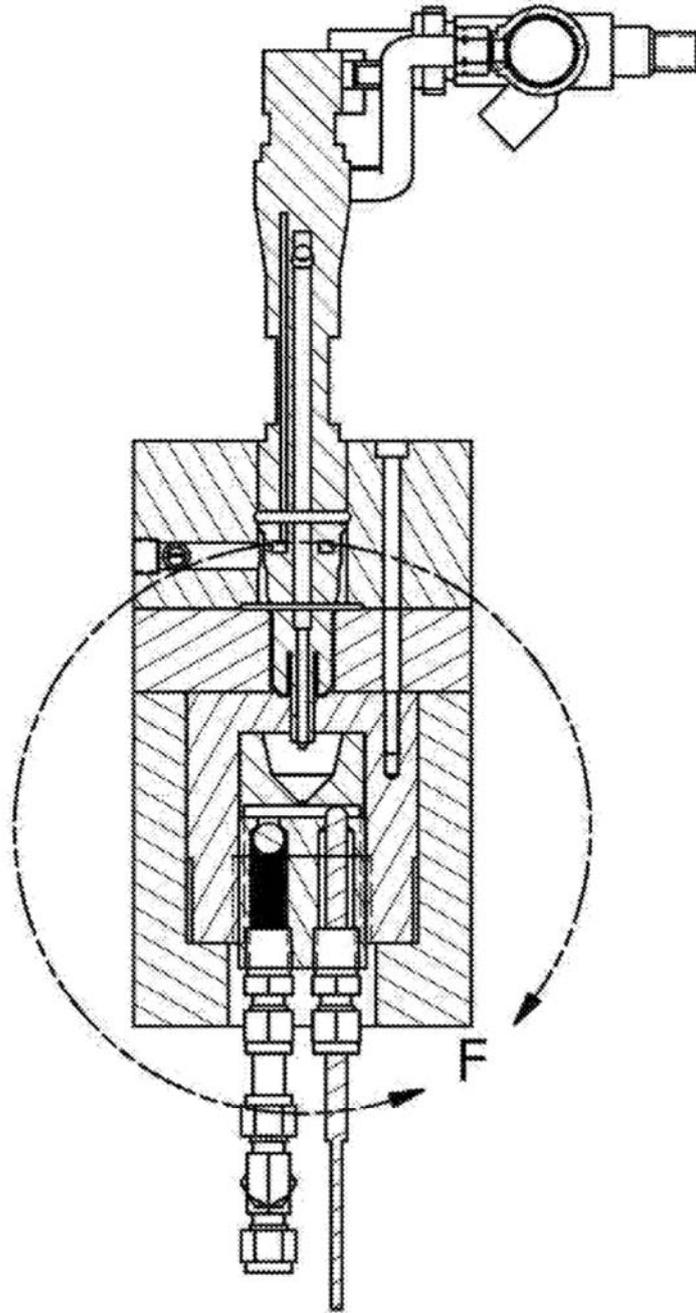


FIG. 14

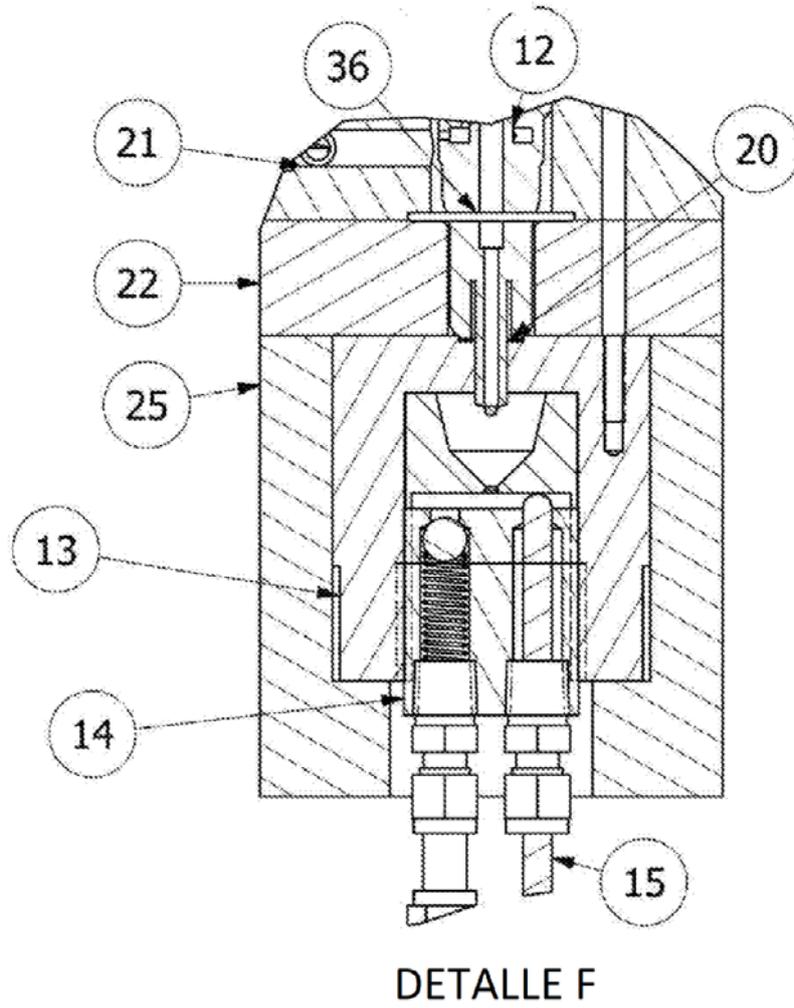


FIG. 15

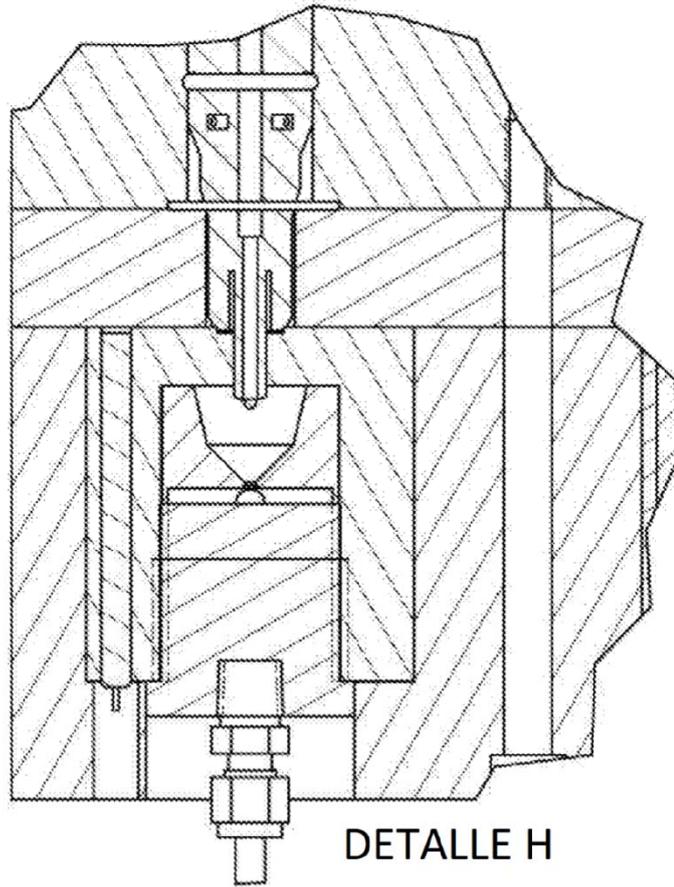


FIG. 16

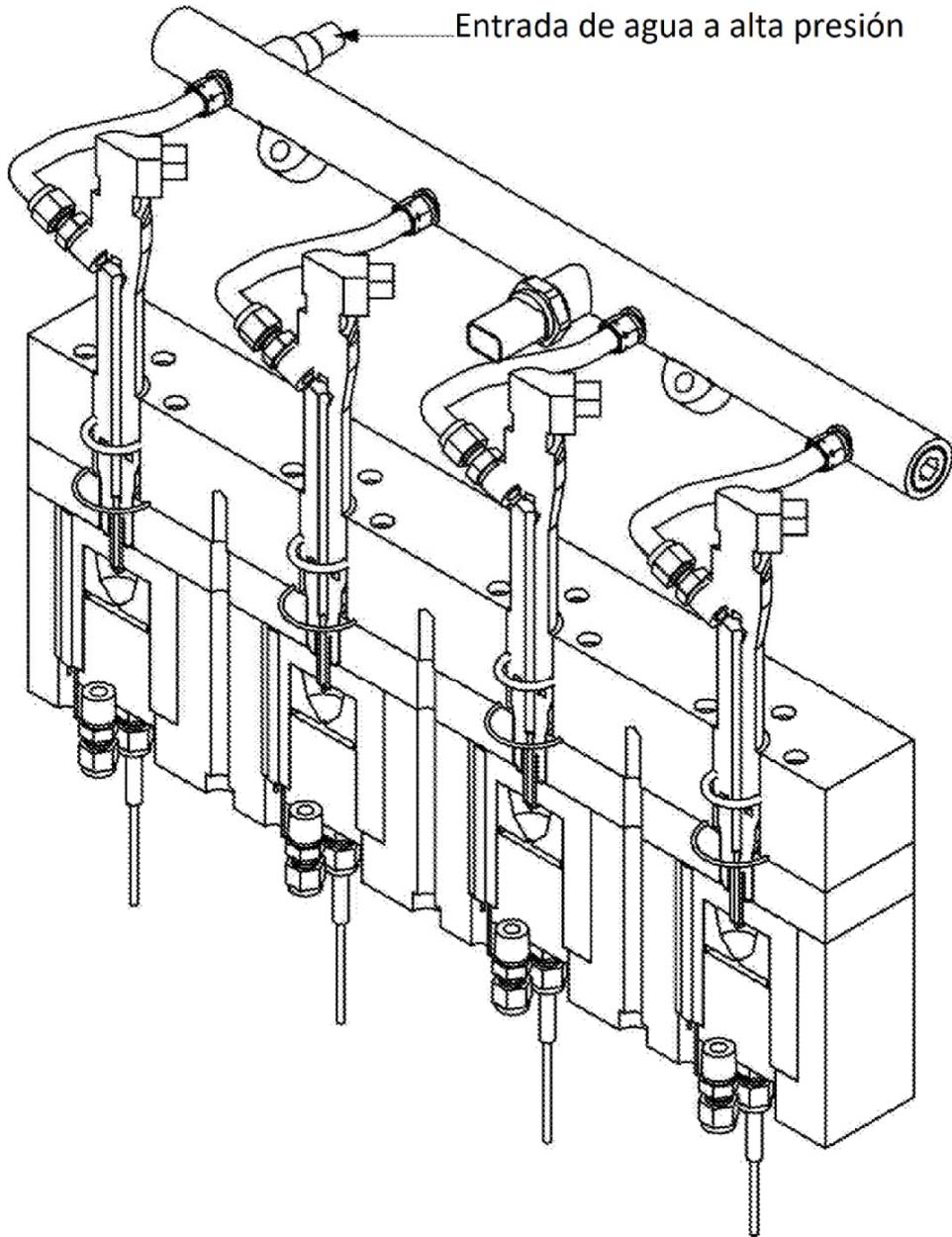


FIG. 17

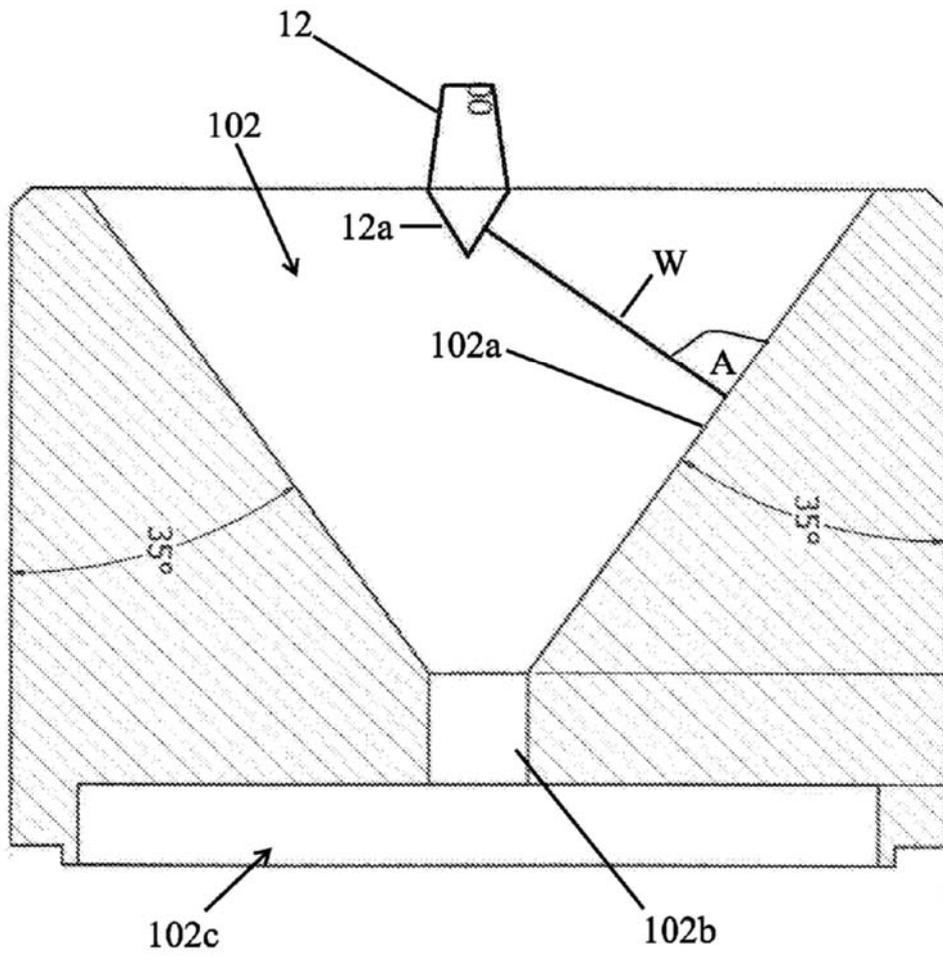


FIG. 18

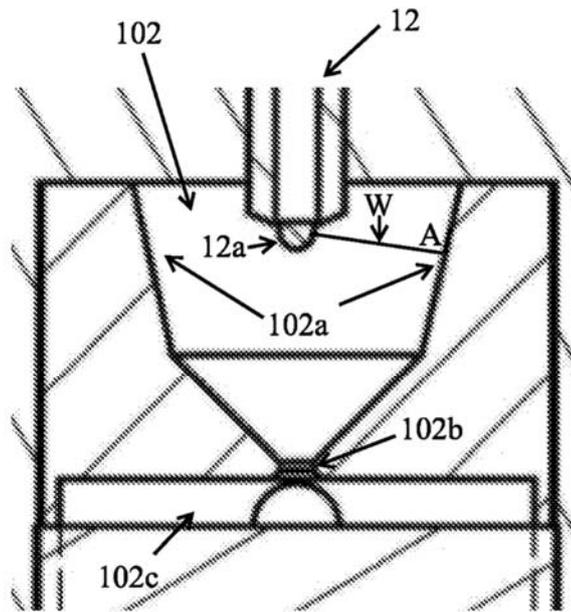


FIG. 19

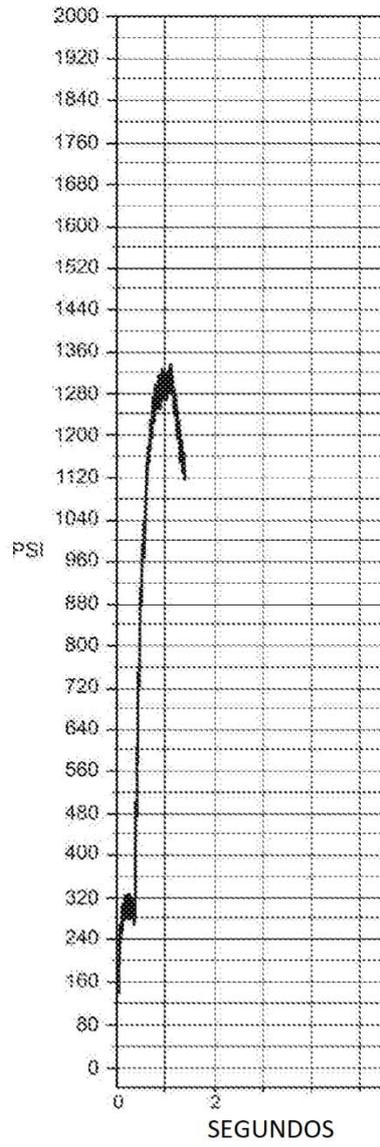


FIG. 20