

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 858**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/12**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2017 PCT/GB2017/051916**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018 WO18002639**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2017 E 17740463 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3478405**

54 Título: **Aparato y método de tratamiento de fluidos**

30 Prioridad:

**01.07.2016 GB 201611537**

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

**19.11.2020**

73 Titular/es:

**ARCS ENERGY LIMITED (100.0%)  
20 Peterborough Road  
Harrow, Middlesex HA1 2BQ, GB**

72 Inventor/es:

**ARCHER, ANTHONY**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 794 858 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****Aparato y método de tratamiento de fluidos**

La presente invención se refiere, en general, al campo del tratamiento de corrientes de fluidos y a un aparato y un método para el control de niveles de sustancias componentes particulares de los mismos. La presente invención se refiere, en particular, a la reducción de niveles de sustancias componentes nocivas en los productos fluidos de procesos físicos y químicos, y, en particular, los productos de combustión de procesos de combustión. En particular, la presente invención se refiere a un aparato para la reducción mejorada de niveles de emisiones no deseables provenientes de los gases de escape de procesos de combustión.

**Introducción**

Existe una amplia gama de procesos industriales físicos y químicos que producen una salida en forma de fluido, ya sea como producto primario o subproducto, que incluye sustancias componentes que no son deseables, ya sea como potencialmente perjudiciales para el producto primario o como potencialmente perjudiciales para la salud humana o el medio ambiente. En particular, existe una creciente concienciación de la inconveniencia de liberar fluidos de subproductos al medio ambiente que aún contienen niveles altos de sustancias no deseables potencialmente lesivas para la salud o la biosfera.

En particular, es deseable, en general, reducir los niveles de tales sustancias componentes nocivas en una corriente de gas de subproductos, tal como una corriente de gases de escape de combustión, que se expulsará a la atmósfera. Dichas sustancias componentes nocivas a menudo se denominan "emisiones". Se entenderá que, en este y otros contextos de la presente memoria, las referencias a una corriente de gas incluyen referencias a una corriente que es principalmente gaseosa pero que puede incluir gotitas de vapor, partículas, etcétera, arrastradas y transportadas en la misma. Las referencias, en el presente documento, a "emisiones" en una corriente de gas pueden incluir componentes en fase gaseosa de la corriente de gas, así como dichas gotitas de vapor, partículas, etcétera, arrastradas fluidicamente.

El documento EP2781258 describe un aparato para reacciones químicas que tiene un reactor de tipo flujo horizontal en el que se puede evitar que un contenido que está fluyendo fluya tomando un atajo, que incluye: un reactor de tipo flujo horizontal cuyo interior se ha dividido en múltiples cámaras mediante múltiples placas divisorias, y un contenido líquido fluye horizontalmente, proporcionándose un espacio vacío por encima; un generador de microondas que genera microondas; y al menos una guía de ondas que transmite las microondas generadas por el generador de microondas al espacio vacío en el reactor.

La invención se refiere, particularmente, a la reducción de "emisiones" y a la "limpieza" de gases de escape de aparatos de combustión, tales como generadores térmicos, motores de combustión interna y similares. El mundo industrializado ha evolucionado principalmente en torno al motor de combustión, que es capaz de proporcionar energía mecánica para trabajar en una enorme variedad de circunstancias. Sin embargo, aunque la utilización de motores de combustión ha hecho que aumente significativamente la producción industrial, eso ciertamente no ha sido así sin perjuicios. Por ejemplo, los motores de combustión funcionan, en su mayor parte, con combustibles fósiles, tales como gasolina y combustible diésel (es decir, hidrocarburos), que se derivan principalmente del refinado de petróleo crudo y que proporcionan un reservorio de energía fácilmente transportable para motores de vehículos (automóviles, barcos, aviones, etcétera). Sin embargo, la quema de combustible en tales motores no es nunca completamente eficiente y, como consecuencia, los motores que utilizan gasolina y combustible diésel convencionales padecen un consumo excesivo de combustible y una baja eficiencia del motor. Además, las emisiones potencialmente nocivas en los gases de combustión de escape pueden aportar contaminantes y gases de efecto invernadero, tales como NO<sub>x</sub> (óxidos de Nitrógeno), HC (hidrocarburos) no quemados, CO (Monóxido de Carbono), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno), NO (óxido nítrico) a la atmósfera.

Por lo tanto, sería muy deseable cualquier aparato o método que pueda reducir estas emisiones.

Por consiguiente, es un objetivo de la presente invención proporcionar un aparato y un método para "limpiar" gases de escape y reducir "emisiones".

**Sumario de la invención**

La(s) realización(es) preferida(s) de la invención buscan superar una o más de las desventajas anteriores de la técnica anterior.

Según una primera realización de la invención, se proporciona un aparato de tratamiento de fluidos para el tratamiento de una sustancia fluida que tiene múltiples sustancias componentes con el fin de controlar niveles de una o más sustancias componentes particulares de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas a la presente.

El aparato proporciona la ventaja de que el "acoplamiento" de la radiación electromagnética de la longitud de onda predeterminada de la radiación electromagnética a través del volumen del reactor puede proporcionar una fuente de energía para el tratamiento de una corriente de fluido que lo atraviesa. Sujeto a la selección apropiada de la longitud

de onda de radiación electromagnética y de las dimensiones y configuraciones de la cámara del reactor, y, en particular, a este respecto, de la posición del primer puerto de entrada de la guía de ondas y del primer puerto de salida de la guía de ondas, se puede comunicar energía a componentes de la sustancia fluida que pasa a través de una zona de reacción definida de ese modo en la cámara del reactor, de tal manera que se controlan, modifican y, cuando se desee, reducen, los niveles de sustancias componentes nocivas. Aunque este aspecto de la invención se refiere a un aparato y no está limitado por ninguna teoría física, se considera que, mediante la selección apropiada de condiciones, la radiación electromagnética de "acoplamiento" se puede hacer coincidir con la requerida para disociar y eliminar materiales componentes de la corriente de fluido.

Se prevén ventajas particulares en la aplicación del aparato en una corriente de gases de escape para una reducción mejorada de niveles de emisiones no deseables procedentes de los gases de escape de procesos de combustión para minimizar cualquier posible expulsión de emisiones de combustión. El aparato de la presente invención puede utilizarse en motores de combustión existentes, por ejemplo, dentro de un sistema de escape existente como componente o modificación del mismo para reducir sus emisiones de escape.

La cámara del reactor está definida por una pared perimetral y dichos primer puerto de entrada de la guía de ondas y primer puerto de salida de la guía de ondas están acoplados operativamente a ubicaciones separadas una de otra en dicha pared perimetral, de modo que se acoplan operativamente entre sí a través de un volumen del reactor definido dentro de dicha cámara del reactor. Dicha cámara del reactor está configurada para someter dicha sustancia fluida que pasa a través de dicha cámara del reactor a un flujo continuo vorticial desde dicha entrada de fluido hacia dicha salida de fluido. Dicha pared perimetral de dicha cámara del reactor está adaptada para someter dicha sustancia fluida recibida desde dicha entrada de fluido y que pasa a través de dicha cámara del reactor a un flujo continuo vorticial hacia dicha salida de fluido. Esto proporciona la ventaja de que la sustancia fluida se mantiene dentro de la cámara del reactor durante un período de tiempo prolongado, permitiendo que se acople más energía desde la EMR a la sustancia fluida.

En esta realización, la primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) comprende una primera y segunda partes separadas entre sí a través de un volumen del reactor definido dentro de dicha cámara del reactor, una primera parte que incluye dicho primer puerto de entrada de guía de ondas y una segunda parte que incluye dicho primer puerto de salida de guía de ondas. Por ejemplo, dicha primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) comprende un primer y un segundo acopladores de EMR dispuestos, respectivamente, en ubicaciones separadas entre sí en dicha pared perimetral, de manera que estén acoplados operativamente a través de un volumen de reactor definido dentro de dicha cámara del reactor.

Dicho primer puerto de entrada de guía de ondas y un primer puerto de salida de guía de ondas se proporcionan acoplados a ubicaciones diametralmente opuestas en dicha pared perimetral, de manera que se acoplen operativamente a través de un ancho completo del volumen del reactor definido dentro de dicha cámara del reactor. Así, por ejemplo, dichos primer y segundo acopladores de EMR están situados en ubicaciones diametralmente opuestas en dicha pared perimetral.

La por lo menos una primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) comprende una interfaz óptica adaptada para acoplar radiación electromagnética de dicha primera longitud de onda predeterminada a dicha cámara del reactor.

La interfaz óptica comprende un primer elemento de interfaz acoplado operativamente a dicho puerto de entrada de guía de ondas y un segundo elemento de interfaz acoplado operativamente a dicho puerto de salida de guía de ondas.

Ventajosamente, la cámara del reactor está definida por una pared perimetral y el primer elemento de interfaz y el segundo elemento de interfaz comprenden porciones de la pared adaptadas para ser al menos parcialmente transparentes a radiación electromagnética de una primera longitud de onda predeterminada.

Cada uno del primer elemento de interfaz y el segundo elemento de interfaz comprenden, por ejemplo, porciones perforadas de la pared que tienen un tapón de cierre fabricado de un material al menos parcialmente transparente a radiación electromagnética de una primera longitud de onda predeterminada. Por ejemplo, cada elemento de interfaz comprende una porción perforada de la pared provista de un tapón de cierre de vidrio.

Ventajosamente, la primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) comprende un primer acoplador de EMR acoplado operativamente a dicho primer puerto de entrada de guía de ondas y a dicho primer elemento de interfaz y un segundo acoplador de EMR acoplado operativamente a dicho primer puerto de salida de guía de ondas y a dicho segundo elemento de interfaz.

Sujeto a la selección apropiada de parámetros que incluyen la longitud de onda de la radiación electromagnética y la configuración de la cámara del reactor, la radiación electromagnética se puede acoplar en su uso a componentes de la sustancia fluida que pasa a través de una zona de reacción definida de ese modo en la cámara del reactor de tal manera que se controlen, modifiquen y, cuando se desee, reduzcan niveles de sustancias componentes nocivas.

En un caso preferido, el aparato está configurado y la primera longitud de onda de radiación electromagnética predeterminada se selecciona para generar una onda estacionaria a través de la cámara del reactor, por ejemplo a

través de una zona de reacción definida entre ubicaciones de acoplamiento respectivas del primer puerto de entrada de guía de ondas y el primer puerto de salida de guía de ondas.

5 Por ejemplo, la cámara del reactor está configurada, el primer puerto de entrada de guía de ondas y el primer puerto de salida de guía de ondas están posicionados, y la primera longitud de onda de radiación electromagnética predeterminada se selecciona de modo que en su uso se genere una onda estacionaria a través de una zona de reacción así definida.

Preferiblemente, la primera longitud de onda predeterminada está entre 1 mm y 1 metro a un espectro de frecuencia respectivo de 300 GHz a 300 MHz (microondas). Más preferiblemente, la primera longitud de onda predeterminada está entre 3 mm y 0,6 metros a un espectro de frecuencia respectivo de 100 GHz a 500 MHz.

10 Durante su uso, en la entrada de fluido se suministra una sustancia fluida a tratar.

Más exhaustivamente, el aparato comprende una fuente de suministro de sustancias fluidas acoplada flúidicamente a la entrada de fluido para permitir el suministro de una sustancia fluida a tratar a dicha cámara del reactor.

El aparato puede comprender además un conducto de descarga de sustancias fluidas acoplado flúidicamente a la salida de fluido para permitir que una sustancia fluida pase desde y sea transportada fuera de dicha cámara del reactor.

15 En una aplicación preferida de la invención al tratamiento de una corriente de gases de escape de combustión, la fuente de suministro de sustancias fluidas puede ser un conducto de gases de escape de combustión, y el conducto de descarga de sustancias fluidas puede ser un tubo de escape de gases de combustión, quedando dispuesta, así, la cámara del reactor dentro del flujo de gases de escape de combustión como componente o modificación del mismo para modificar o controlar niveles de una o más sustancias componentes.

20 Por ejemplo, en una aplicación particularmente preferida de la invención al tratamiento de gases de escape de un motor de combustión para reducir emisiones, la cámara del reactor puede disponerse dentro del sistema de escape de un motor de combustión como componente o modificación del mismo para reducir sus emisiones de escape. La inclusión de una cámara de reactor que incorpora los principios de la invención en un diseño existente de un sistema de escape de un motor de combustión puede proporcionar la ventaja de emisiones reducidas y puede permitir que otros componentes se modifiquen o que se prescindan de los mismos ofreciendo una complejidad y/o costes potencialmente reducidos.

25 Ventajosamente, la sustancia fluida a tratar puede estar a una temperatura elevada. Convenientemente en muchas aplicaciones, la sustancia fluida puede ser el producto de un proceso industrial, tal como un proceso de combustión que por lo tanto ya está a una temperatura elevada. De manera adicional o alternativa, se puede proporcionar un aparato de calentamiento.

30 En este caso, un aparato de la invención puede comprender, además:

una fuente de suministro de sustancias fluidas acoplada flúidicamente a la entrada de fluido para permitir el suministro de una sustancia fluida a tratar a dicha cámara del reactor;

35 un conjunto calentador, acoplado flúidicamente entre la fuente de suministro de sustancias fluidas y dicha cámara del reactor, y adaptado para transferir energía a la sustancia fluida, con el fin de suministrar a la cámara del reactor la sustancia fluida a una temperatura predeterminada.

Ventajosamente, dicha temperatura predeterminada puede ser superior a 300 grados centígrados. Incluso más preferiblemente, dicha temperatura predeterminada puede ser superior a 500 grados centígrados. Incluso más preferiblemente, dicha temperatura predeterminada puede ser superior a 600 grados centígrados.

40 Ventajosamente, la por lo menos una primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) puede estar realizada con un material con una baja resistividad aparente. Ventajosamente, la por lo menos una primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) puede estar realizada con un material metálico. Preferiblemente, el material metálico puede seleccionarse de aluminio, cobre, plata y oro y aleaciones de los mismos con otros elementos metálicos. Uno de los materiales posibles es el latón.

45 Ventajosamente, el aparato de tratamiento de fluidos comprende además un generador de radiación electromagnética (EMR) para generar radiación electromagnética (EMR) de una primera longitud de onda predeterminada, acoplado operativamente a dicho puerto de entrada de guía de ondas.

50 Ventajosamente, el generador de EMR puede comprender además una línea de transmisión de entrada, acoplable operativamente a un primer puerto de entrada de guía de ondas de la primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR), y una línea de transmisión de salida, acoplable operativamente a un primer puerto de salida de guía de ondas de la primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR), en donde dicho generador de microondas, dicha línea de transmisión de entrada y dicha línea de transmisión de salida están adaptados para formar un circuito de EMR de bucle cerrado con dicha primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR).

Ventajosamente, el generador de EMR puede ser un generador de microondas y la radiación electromagnética generada tiene una longitud de onda entre 1 mm y 1 metro a un espectro de frecuencia respectivo de 300 GHz a 300 MHz (microondas), y más preferiblemente la radiación electromagnética generada tiene una longitud de onda entre 3 mm y 0,6 metros a un espectro de frecuencia respectivo de 100 GHz a 500 MHz.

- 5 Preferiblemente, el generador de microondas puede ser uno cualquiera de un Klystron, un Gyrotron, un Magnetron y una fuente electrónica de estado sólido.

10 Ventajosamente, dicho generador de radiación electromagnética (EMR) puede adaptarse para optimizar el acoplamiento entre dicha radiación electromagnética (EMR) y dicha sustancia fluida. Preferiblemente, dicho acoplamiento entre dicha radiación electromagnética (EMR) y dicha sustancia fluida puede optimizarse automáticamente utilizando un algoritmo de control predeterminado.

Dicha entrada de fluido está adaptada para cambiar una presión de fluido inicial de dicha sustancia fluida a una primera presión de fluido predeterminada cuando pasa a través de dicha entrada de fluido. Preferiblemente, dicha primera presión de fluido predeterminada puede ser mayor que dicha presión de fluido inicial.

15 Dicha salida de fluido está adaptada para cambiar una presión de fluido de cámara de dicha sustancia de fluido a una segunda presión de fluido predeterminada cuando pasa a través de dicha salida de fluido. Preferiblemente, dicha segunda presión de fluido predeterminada puede ser mayor que dicha presión de fluido de cámara. Incluso más preferiblemente, dicha primera presión de fluido predeterminada puede ser mayor que dicha segunda presión predeterminada.

20 Por lo tanto, al ser la entrada un puerto reducido, la misma crea un flujo comprimido, y la salida, también un puerto reducido, ayuda a mantener la presión y el efecto de giro cerca del campo de microondas, lo cual es de ayuda con el efecto Joule-Thomson del efecto de expansión del gas. La presión y el giro de los fluidos dentro de la cámara del reactor son los más críticos. Además, la intensidad de campo se puede mantener y medir con respecto al flujo, al volumen, a la presión y a la temperatura, y cada parámetro juega un papel en el logro del efecto ARCS deseado.

25 La(s) realización(es) preferida(s) de la invención buscan superar una o más de las desventajas anteriores de la técnica anterior.

En un ejemplo que ilustra algunos principios de la invención, se proporciona un aparato de tratamiento de fluidos para el tratamiento de una sustancia fluida, que comprende:

una cámara de reactor;

30 una entrada de fluido adaptada para proporcionar comunicación fluídica desde un suministro externo de una sustancia fluida a tratar a dicha cámara de reactor, por lo que dicha sustancia fluida puede pasar a dicha cámara de reactor y a través de la misma;

una salida de fluido adaptada para proporcionar una comunicación fluídica desde dicha cámara de reactor por lo cual dicha sustancia fluida puede pasar desde dicha cámara de reactor;

35 al menos una primera guía de ondas de radiación electromagnética (EMR), que tiene al menos un primer puerto de entrada de guía de ondas, acoplada operativamente dentro de dicha cámara de reactor y adaptada para acoplar radiación electromagnética de una primera longitud de onda predeterminada a una sustancia fluida que pasa a través de dicha cámara de reactor.

40 De acuerdo con una realización adicional de la invención, se proporciona un método para el tratamiento de una sustancia fluida que tiene múltiples sustancias componentes con el fin de controlar niveles de una o más sustancias componentes particulares, de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas a la presente.

45 El método acopla así la radiación EMR a través de una zona de reacción definida en la cámara de reactor a medida que se hace pasar a través de ella sustancia fluida a tratar. Como se ha descrito en relación con el aparato, esto puede proporcionar una fuente de energía para el tratamiento de una corriente de fluido que lo atraviesa. Sujeto a la selección apropiada de la longitud de onda de la radiación electromagnética y de las dimensiones y configuraciones de la cámara de reactor, se puede comunicar energía a componentes de la sustancia fluida que pasan a través de una zona de reacción definida de ese modo en la cámara de reactor de tal manera que se controlen, modifiquen y, cuando se desee, reduzcan niveles de sustancias componentes nocivas.

50 Se prevén ventajas particulares en la aplicación del método a una corriente de gases de escape para una reducción mejorada de niveles de emisiones no deseables procedentes de los gases de escape de procesos de combustión con el fin de minimizar cualquier posible expulsión de emisiones de combustión. El método puede utilizarse en motores de combustión existentes, por ejemplo, dentro de un sistema de escape existente para reducir emisiones de escape.

El método es un método para el funcionamiento de un aparato que incorpora los principios de la primera realización de la invención y los pasos preferidos del método se entenderán por analogía.

5 En particular, el método puede comprender el acoplamiento operativo de un primer puerto de entrada de guía de ondas y un primer puerto de salida de guía de ondas dentro de dicha cámara de reactor mediante el acoplamiento operativo de dichos primer puerto de entrada de guía de ondas y primer puerto de salida de guía de ondas a ubicaciones separadas una de otra en una pared perimetral de dicha cámara de reactor, tal como para acoplarse operativamente entre sí a través de un volumen del reactor definido dentro de dicha cámara de reactor.

10 En particular, el método comprende el acoplamiento operativo de un primer puerto de entrada de guía de ondas y un primer puerto de salida de guía de ondas dentro de dicha cámara de reactor por medio de una interfaz óptica, por ejemplo, en el que el primer elemento de interfaz y el segundo elemento de interfaz comprenden porciones de la pared adaptadas para ser al menos parcialmente transparentes a radiación electromagnética de una primera longitud de onda predeterminada.

Preferiblemente, el método comprende la generación de una onda estacionaria a través de la cámara de reactor.

Preferiblemente, la primera longitud de onda predeterminada está entre 1 mm y 1 metro a un espectro de frecuencia respectivo de 300 GHz a 300 MHz (microondas).

### Breve descripción de los dibujos

15 A continuación se describirán realizaciones preferidas de la presente invención, solo a modo de ejemplo y no en sentido limitativo, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la **Figura 1** muestra en sección transversal un aparato de acuerdo con una realización de la invención adecuado para su uso en un sistema de escape de un motor de combustión interna;

20 la **Figura 2** muestra un esquema de un sistema de prueba para probar los principios de la invención cuando se aplica para controlar emisiones de escape de un vehículo;

las **Figuras 3 a 10** presentan gráficamente los resultados de dicha prueba;

la **Figura 11** es una ilustración de una configuración de prueba sobre el rendimiento de las microondas dentro de un tubo de escape;

25 la **Figura 12** es una ilustración de la distribución del campo de energía en un tubo de escape que comprende (a) una guía de ondas (diámetro 15 mm) y (b) el dispositivo ARCS de la presente invención (diámetro de la guía de ondas 15 mm);

la **Figura 13** muestra diferentes vistas (a) (b) y (c) de un tubo de escape de ejemplo;

la **Figura 14** es una ilustración de una realización de ejemplo de un dispositivo ARCS modular, donde se usan discos de Mica para acoplar la cámara de reactor ARCS a guías de onda respectivas, (a) vista frontal, (b) vista lateral y (c) vista en perspectiva semitransparente;

30 la **Figura 15** es una ilustración de una cámara de reactor del dispositivo ARCS acoplada operativamente a una guía de ondas instalada en un elemento de bloque adecuado para instalarse dentro de un tubo de escape, (a) vista superior semitransparente, (b) vista lateral semitransparente y (c) vista en perspectiva semitransparente;

la **Figura 16** es una ilustración en perspectiva de un tubo de escape de ejemplo que comprende el elemento de bloque mostrado en la Figura 15;

35 la **Figura 17** es una ilustración de un conjunto de cámara de módulos ARCS, que comprende diez módulos ARCS operativamente acoplables, dos placas terminales y una barra central;

la **Figura 18** es una ilustración de un módulo ARCS desmontado y dos placas terminales del conjunto de cámara de módulos ARCS que se muestra en la Figura 17;

40 la **Figura 19** es una ilustración de una realización alternativa del módulo ARCS mostrado en la Figura 17, que se fabrica a partir de un solo bloque de material;

la **Figura 20** es una ilustración del módulo ARCS de la Figura 19, vista despiezada, que muestra además un tapón de ejemplo y un disco de Mica de ejemplo, así como una barra central;

45 la **Figura 21** es una ilustración de una realización alternativa de la presente invención (sin puerto de salida de guía de ondas) donde una brida está soldada a la parte central de un tubo de escape, (a) vista en perspectiva seccionada, (b) vista superior y (c) vista despiezada, y

la **Figura 22** muestra una ilustración de la distribución del campo eléctrico dentro de un tubo de escape con alimentación directa en forma de T durante su uso.

**Descripción detallada de la(s) realización(es) preferida(s)**

Una aplicación preferida particular de los principios de la invención se refiere a la "limpieza" de productos de combustión de escape, por ejemplo en la corriente de escape de un motor de combustión. La Figura 1 muestra, en sección transversal, un aparato de acuerdo con una realización de la invención adecuado para su uso en un sistema de escape de un motor de combustión interna.

De acuerdo con la aplicación de ejemplo de la invención, los gases de escape pueden ser "limpiados" (es decir, reducción de gases de escape nocivos tales como NOX, CO, etcétera) proporcionando el aparato 100 dentro de la ruta de salida de los gases de escape. Por ejemplo, el aparato 100 puede proporcionarse en el tubo de escape de un motor de combustión (por ejemplo, diésel o gasolina) de un vehículo para reducir o incluso eliminar componentes nocivos del gas de escape.

El aparato 100 incluye un cuerpo principal en forma de un tubo alargado 102 con una porción central convexa 103 que define una cámara de reactor abierta 104. Los dos extremos del tubo definen respectivamente una entrada y una salida que, en la aplicación preferida, estarán en comunicación fluidica con un tubo de escape (no mostrado) de un motor de combustión y, por ejemplo, incorporadas al mismo. De este modo, un flujo de gases de escape a tratar puede mantenerse en la práctica continuamente dentro de la cámara 104 de reactor y pasando a través de la misma. En general, es deseable para el funcionamiento efectivo de la invención que los gases de escape estén a una temperatura elevada y, en consecuencia, que el extremo de entrada esté situado preferiblemente justo aguas abajo del colector de escape. De manera adicional o alternativa, se puede proporcionar un calentador (no mostrado) aguas arriba de la entrada.

Se proporciona un sistema de guía de ondas de EMR para acoplar radiación electromagnética de microondas de una longitud de onda predeterminada a través de la cámara 104 de reactor. Este incluye un primer y un segundo acopladores 120, 122 de EMR ubicados respectivamente en lados diametralmente opuestos de la parte más ancha de la pared convexa 103 que define la cámara 104 de reactor. El primer y el segundo acopladores 120, 122 de EMR definen respectivamente un puerto de entrada de guía de ondas y un puerto de salida de guía de ondas que están acoplados con un generador de microondas (por ejemplo, entrada de 0 a 100 W, 2,45 Ghz) y una fuente de alimentación a través de una línea de transmisión de entrada y una línea de transmisión de salida mostrados de manera general en asociación conjunta compacta en forma del conjunto generador circundante 110. El primer y el segundo acopladores 120, 122 de EMR están acoplados a la primera y la segunda interfaces ópticas 124, 126 respectivas en forma de tapones de vidrio que se permitan entrar en y que sellan herméticamente aperturas en la pared convexa 103.

La disposición forma así un circuito de EMR de bucle cerrado con el generador de microondas conectado a través de la línea de transmisión de entrada y la línea de transmisión de salida a los respectivos acopladores 120, 122 de EMR que definen una guía de ondas de EMR y acoplan operativamente la radiación EMR a través de la cavidad en la cámara 104 de reactor, acoplando así radiación EMR a gases de escape que pasan a través de la cámara de reactor. Se puede generar una onda estacionaria W dentro de la cámara 104 de reactor entre la primera y la segunda interfaces ópticas.

Durante su uso, por lo tanto, es posible acoplar la radiación EMR a través de una zona de reacción definida en la cámara 104 de reactor a medida que los gases de escape a tratar pasan a través de la misma. Se puede comunicar energía a componentes de la corriente de gases de escape que pasan a través de la zona de reacción de tal manera que se reducen los niveles de emisiones.

Después de la "limpieza" por parte del aparato 100, el gas de escape puede contener un mayor porcentaje de oxígeno, de modo que el "limpiado" puede reciclarse al motor de combustión para mejorar la eficiencia energética del motor. Alternativamente, puede expulsarse a la atmósfera de manera convencional.

Se han llevado a cabo pruebas de un dispositivo de prototipo, denominado ARCS a continuación, como dispositivo para reducir emisiones de vehículos.

La prueba, en resumen, implica hacer pasar los gases de escape de un vehículo diésel completamente calentado a través del dispositivo ARCS y registrar datos durante el ralentí del motor utilizando un analizador, privativo, de emisiones de escape de 5 gases para talleres. Se adquirieron registros de datos con el dispositivo ARCS activo y pasivo. El dispositivo ARCS tiene un rango de potencia de entrada ajustable de entre 1 y 100W. Para el estudio actual, la potencia de entrada se limitó a 45W.

Las emisiones de gases de escape se analizaron utilizando un analizador de emisiones de escape de 5 gases Sykes Pickavant. Los 5 gases analizados son Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Oxígeno (O<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC) y Monóxido de Nitrógeno (NO).

Los gases de escape de los tubos de escape dobles del vehículo se canalizaron a través de dos mangueras de escape flexibles de aproximadamente 3,3 m de longitud, después de lo cual se combinaron en una sola manguera con una pieza en Y de plástico. Una manguera adicional de aproximadamente 1,8 m conectó la pieza en Y al dispositivo ARCS. Como el material del ARCS había sido diseñado principalmente para su uso en una aplicación de reformador de

5 combustible, se requirieron varios adaptadores para acoplar las mangueras de escape al dispositivo ARCS. Después de pasar a través del dispositivo ARCS, los gases de escape salieron a una tubería de plástico transparente montada verticalmente de aproximadamente 0,88 m de longitud en la que se insertó la sonda del analizador de gases de escape. La sonda del analizador se conectó al analizador con aproximadamente 5 m de manguera transparente. En la Figura 2 se incluye un dibujo esquemático de las mangueras hasta el dispositivo ARCS.

Al comienzo de la secuencia de prueba, el vehículo se arrancó y se puso en ralentí para permitir que el motor y el tubo de escape después del sistema de tratamiento se calentasen a temperaturas normales de funcionamiento. Las pruebas tanto de ARCS activado como ARCS desactivado se realizaron secuencialmente durante un periodo de ralentí continuo del vehículo.

10 Se realizaron dos pruebas; una con el dispositivo ARCS activo y otra con el dispositivo ARCS pasivo. Antes de cada una de las pruebas, se realizó el procedimiento de verificación del cero del analizador de gases de escape. Este procedimiento implica retirar la sonda de la instalación de prueba y tomar muestras de aire fresco fuera del entorno del taller. Después de tomar muestras de aire fresco durante 60 segundos, las lecturas de CO, HC, CO2 y NO se ponen a cero y la lectura de oxígeno se establece en un 20,9%.

15 Durante la configuración de la prueba con el ARCS activado, el tubo de escape del vehículo se desconectó y se canalizó fuera del taller, el vehículo se mantuvo al ralentí. Al comienzo de la prueba, se inició el registro de datos del analizador y se reconectó el tubo de escape. Después de un retardo adecuado para permitir que el analizador registrase las emisiones de gases de escape, se activó el dispositivo ARCS. Hacia el final de la prueba, el dispositivo ARCS se desactivó y se registraron los cambios en las emisiones de gases de escape. Para la prueba con el ARCS desactivado, la sonda de muestras de gases de escape del analizador se colocó en la canalización de gases de escape después de la pieza en Y y el gas de escape se canalizó fuera del taller. Todos los datos de emisiones se adquirieron a una frecuencia de muestreo de 1 s.

Los resultados de la prueba con el ARCS desactivado se resumen en las siguientes figuras:

Figura 3: emisiones de CO2 ARCS desactivado

25 Figura 4: emisiones de O2 ARCS desactivado

Figura 5: emisiones de CO ARCS desactivado

Figura 6: emisiones de NO ARCS desactivado

30 El analizador se introdujo en el tubo de escape en la muestra 3. Al permitir un retardo de la respuesta del analizador de 20 s, se puede calcular un valor medio para cada uno de los componentes de las emisiones entre la muestra 23 y la muestra 418. Estos se exponen en la tabla 1.

**Media de los componentes (Muestra 23 -418):**

CO2 %	1,72
O2 %	18,26
CO %	0,018
NO ppm	126,53

Tabla 1: emisiones medias con ARCS desactivado

Los resultados para la prueba con el ARCS activado se resumen en las siguientes figuras:

Figura 7: emisiones de CO2 ARCS activado

35 Figura 8: emisiones de O2 ARCS activado

Figura 9: emisiones de CO ARCS activado

Figura 10: emisiones de NO ARCS activado

40 El dispositivo ARCS se activó en la muestra 65 y se desactivó en la muestra 311. Si se permite un retardo de la respuesta del analizador de 20 s, se puede calcular un valor medio para cada uno de los componentes de las emisiones entre la muestra 85 y la muestra 310. Estos se exponen en la tabla 2.



**Media de los componentes (Muestra 85-310)**

CO2%	0,65
O2%	18,35
CO%	0,040
NO ppm	124,15

Tabla 2: emisiones medias con ARCS activado

5 La comparación de las emisiones medias con ARCS desactivado y ARCS activado muestran que con el ARCS activado las emisiones de CO2 se reducen y las emisiones de CO aumentan. La reducción de emisiones de CO2 es de aproximadamente 62% y el aumento de emisiones de CO es de aproximadamente 222%. Las emisiones de O2 y NO son similares entre las pruebas con ARCS desactivado y ARCS activado.

La inspección de las gráficas de emisiones de CO2 de la Figura 4: emisiones de CO2 ARCS desactivado y la Figura 8: emisiones de CO2 ARCS activado, muestra que con el ARCS activado la disminución de las emisiones medias está asociada a un aumento en la variabilidad.

10 La inspección de las gráficas de emisiones de CO de la Figura 6: emisiones de CO ARCS desactivado y la Figura 10: emisiones de CO ARCS activado, muestra que con el ARCS activado el aumento de las emisiones medias está asociado a un aumento en la variabilidad.

15 Las pruebas han demostrado que el dispositivo ARCS cuando se hace funcionar a un nivel de potencia moderado de 45 W tiene la capacidad de alterar la composición de las emisiones de escape del vehículo tal como lo detecta un analizador, privativo, de emisiones de escape de 5 gases para talleres. Se ha observado una reducción del 62% en las emisiones de CO2 y un aumento del 222% en CO. Para poner en contexto el aumento de emisiones de CO, los vehículos con motor de gasolina están sujetos a una prueba de emisiones de CO al ralentí durante una prueba MOT del Reino Unido. En ralentí normal, las emisiones de CO deben estar por debajo del 0,3%. Como el desarrollo de las pruebas se ha llevado a cabo en un vehículo con motor diésel, con emisiones de CO en ralentí inherentemente bajas, incluso con el aumento de las emisiones de CO, las cifras aún están muy por debajo de los límites de la gasolina.

20 En otro ejemplo, un conjunto grupal de un aparato que incorpora los principios del aparato 100 puede proporcionarse en la tubería de gases de escape de una central de energía para "limpiar" los gases de escape. En particular, el conjunto grupal puede estar realizado con una pluralidad de unidades de reactor del aparato 100 de la presente invención dispuestas para formar un conjunto adaptado para encajar en la chimenea de la tubería de gases de escape, en donde la pluralidad de unidades de reactor dispuestas en paralelo está acoplada operativamente a una sola fuente de EMR, o a una pluralidad de fuentes de EMR, para activar el aparato 100.

**Ejemplo(s) de implementación(es) de realizaciones de ARCS en diseños de tubos de escape:**

30 Cuando se usa una realización del aparato 100 de la presente invención, es importante que la densidad de potencia, la intensidad de campo, la expansión del gas, la presión de recirculación del gas (efecto de giro) y la temperatura se mantengan de acuerdo con especificaciones predeterminadas (adecuadas para la sustancia fluida que pasa a través de la cámara 104 de reactor ARCS, así como la energía de microondas acoplada a la sustancia fluida. Además, la cámara 104 de reactor del aparato 100 se tiene que diseñar para proporcionar el flujo y la presión de fluido requeridos. La pared interna de la cámara de reactor, así como el puerto de entrada de fluido y el puerto de salida de fluido están conformados para que la sustancia fluida que entra a través del puerto de entrada de fluido sea sometida a un giro o bucle continuo (flujo vorticial) cuando pasa a través de la cámara 104 de reactor, con lo cual se maximiza el tiempo de la sustancia fluida dentro del campo de energía, antes de que la sustancia fluida salga de la cámara 104 de reactor a través del puerto de salida de fluido. Tanto el puerto de entrada de fluido como el puerto de salida de fluido están adaptados para aumentar la presión del fluido cuando la sustancia fluida pasa a través de ellos, en donde la presión del fluido comunicada por el puerto de entrada es mayor que la presión del fluido comunicada por el puerto de salida, con lo cual se mantiene un flujo de gas positivo desde el puerto de entrada de fluido al puerto de salida de fluido. Además, cuando la sustancia fluida presurizada entra en la cámara 104 de reactor, una expansión repentina del fluido puede hacer que la sustancia fluida se enfríe (efecto Joule-Thompson).

45 En una realización de ejemplo, el aparato 100 de la presente invención se implementa operativamente dentro de un tubo 200 de escape. Para poder demostrar las ventajas proporcionadas por el aparato 100, primero se prueba un tubo de escape solo para mostrar cómo puede afectar la humedad al rendimiento de las microondas. En la prueba de ejemplo que se muestra en la Figura 11, no se observaron cambios en la lectura de la medición del gas. La potencia entregada fue de 100W.

50 A continuación, en referencia a la Figura 12, se comparan la distribución del campo de energía en (a) la guía de ondas de escape 202 (15 mm) y (b) la guía de ondas ARCS. En el ejemplo ilustrado, la relación de potencia/volumen de la guía de ondas ARCS es de 50 a 100 veces mayor en comparación con el tubo de escape.

**(i) Conjunto de ARCS modular:**

5 En caso de que se use un diseño modular del aparato 300, los tapones 302 de mica se convierten en los tapones de interconexión y también permiten usar una guía 304 de ondas que conecta todos los módulos. Esto puede ayudar a reducir los costes de fabricación y también mantiene una unidad de bajo consumo de energía. Un ejemplo de dicha unidad modular 300 se muestra en la Figura 14.

La Figura 15 muestra una realización en la que un único aparato modular 300 (unidad de cámara del reactor solamente) está acoplado operativamente a una guía 304 de ondas que está instalada dentro de un bloque 306 adecuado para caber dentro de un tubo 200 de escape. En la Figura 16 se muestra el conjunto dentro de un tubo 200 de escape.

10 En la Figura 17 se muestra un conjunto 400 de diez aparatos modulares interconectados 402. Se proporcionan dos placas terminales 404 en extremos respectivos del conjunto 400. Se proporciona una guía 406 de ondas adecuada que se insertará a través de orificios respectivos de los aparatos modulares interconectados 402. Se utilizan tapones respectivos 408 para que actúen como puertos de entrada de fluido y salida de fluido. La Figura 18 muestra una realización de ejemplo de una sola unidad de un aparato modular interconectable 402 y cada placa terminal 404. En la práctica, el conjunto 400 se proporciona dentro de un bloque 306 que a continuación se instala dentro del tubo 200 de escape.

**(ii) Módulo ARCS de una pieza:**

20 Las Figuras 19 y 20 muestran una realización de ejemplo de un módulo 500 que comprende una pluralidad de aparatos 502. El módulo está realizado con una sola pieza de material (por ejemplo, metal), para mejorar la resistencia y la facilidad de uso generales del conjunto. Como se muestra en la Figura 20, los discos 504 de Mica se introducen a través de ranuras 506 respectivas mecanizadas en el módulo 500. En la entrada de fluido y la salida de fluido de cada cámara de reactor se atornillan tapones 508 respectivos, y una guía 510 de ondas central pasa a todo lo largo del módulo 500 cruzándolo.

25 En otra realización más, se puede proporcionar una entrada de guía de ondas única a través de una alimentación en forma de T (véase la Figura 22) que se proporciona mediante una porción 600 de brida adecuada (véase la Figura 21). La porción 600 de brida se puede soldar al tubo 200 de escape. En la Figura 22 se muestra una distribución típica del campo de energía proporcionada por una alimentación en forma de T en el tubo 200 de escape. En esta realización, no hay puerto de salida de la guía de ondas, es decir, puede generarse una onda estacionaria por reflexión de la EMR en la pared interior de la cámara de reactor.

30 Los expertos en la materia apreciarán que la realización anterior se ha descrito solo a modo de ejemplo y sin ningún sentido limitativo, y que son posibles diversas alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención según definen las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato (100) de tratamiento de fluidos para el tratamiento de una sustancia fluida, que comprende:

una cámara (104) de reactor definida por una pared perimetral (103);

una entrada de fluido, que tiene un puerto de entrada, adaptado para proporcionar comunicación fluidica desde un suministro externo de una sustancia fluida a tratar a dicha cámara (104) de reactor por lo que dicha sustancia fluida entra en y atraviesa dicha cámara de reactor;

una salida de fluido, que tiene un puerto de salida, adaptado para proporcionar una comunicación fluidica desde dicha cámara (104) de reactor mediante la cual dicha sustancia fluida pasa desde dicha cámara de reactor;

al menos una guía (120, 122) de ondas de radiación electromagnética (EMR), que tiene una interfaz óptica que comprende un primer elemento (124) de interfaz acoplado operativamente a un puerto de entrada de guía de ondas y un segundo elemento (126) de interfaz acoplado operativamente a un puerto de salida de guía de ondas, dicho puerto de entrada de guía de ondas y dicho puerto de salida de guía de ondas están acoplados operativamente a ubicaciones separadas entre sí diametralmente opuestas en dicha pared perimetral de dicha cámara de reactor y adaptados para acoplar radiación electromagnética de una primera longitud de onda predeterminada a una sustancia fluida que pasa a través de dicha cámara de reactor, y

en el que dicha pared perimetral (103) de dicha cámara (104) de reactor, dicha entrada de fluido y dicha salida de fluido tienen una forma tal que dicha sustancia fluida recibida desde dicha entrada de fluido es sometida a un flujo vorticial continuo cuando pasa a través de dicha cámara de reactor hacia dicha salida de fluido, y en el que dicho puerto de entrada está adaptado para cambiar una presión de fluido inicial de dicha sustancia fluida a una primera presión de fluido predeterminada cuando pasa a través de dicho puerto de entrada de fluido a dicha cámara de reactor, y en el que dicho puerto de salida está adaptado para cambiar una presión de fluido de la cámara de dicha sustancia fluida a una segunda presión de fluido predeterminada cuando pasa a través de dicho puerto de salida de fluido hacia dicha salida de fluido.

2. Aparato de tratamiento de fluidos de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) comprende un primer (120) y un segundo (122) acopladores de EMR provistos en el puerto de entrada de guía de ondas y el puerto de salida de guía de ondas respectivos, de modo que se acoplen operativamente a todo lo ancho (W) de un volumen de reactor definido dentro de dicha cámara (104) de reactor.

3. Aparato de tratamiento de fluidos según la reivindicación 2, en el que dicho primer elemento (124) de interfaz y dicho segundo elemento (126) de interfaz comprenden porciones de la pared (103) adaptadas para ser al menos parcialmente transparentes a radiación electromagnética de una longitud de onda predeterminada.

4. Aparato de tratamiento de fluidos según la reivindicación 3, en el que cada uno del primer elemento de interfaz y el segundo elemento de interfaz comprenden porciones perforadas de la pared (103) que tienen un tapón de cierre fabricado de un material al menos parcialmente transparente a radiación electromagnética de una longitud de onda predeterminada.

5. Aparato de tratamiento de fluidos según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que dicha por lo menos una guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) comprende un primer acoplador (120) de EMR acoplado operativamente a dicho puerto de entrada de guía de ondas y a dicho primer elemento (124) de interfaz, y un segundo acoplador (122) de EMR acoplado operativamente a dicho puerto de salida de guía de ondas y a dicho segundo elemento (126) de interfaz.

6. Aparato de tratamiento de fluidos según cualquier reivindicación anterior, en el que la cámara de reactor está configurada y la longitud de onda predeterminada se selecciona de modo que, durante su uso, se genera una onda estacionaria.

7. Aparato de tratamiento de fluidos según cualquier reivindicación anterior, en el que la longitud de onda predeterminada está entre 1 mm y 1 m a un espectro de frecuencia respectivo de 300 GHz a 300 MHz (microondas).

8. Aparato de tratamiento de fluidos según cualquier reivindicación anterior, que comprende además una fuente de suministro de sustancias fluidas acoplada fluidicamente a la entrada de fluido para permitir el suministro de una sustancia fluida a tratar a dicha cámara de reactor, un conducto de descarga de sustancias fluidas acoplado fluidicamente a la salida de fluido para permitir que la sustancia fluida pase desde y sea transportada en alejamiento de dicha cámara de reactor, y un conjunto calentador, acoplado fluidicamente entre la fuente de suministro de sustancias fluidas y la cámara de reactor, y adaptado para transferir energía a la sustancia fluida, con el fin de suministrar a la cámara de reactor la sustancia fluida a una temperatura predeterminada.

9. Aparato de tratamiento de fluidos según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un generador de radiación electromagnética (EMR) para generar radiación electromagnética (EMR) de una longitud de onda predeterminada, acoplado operativamente a dicho puerto de entrada de guía de ondas, en el que el generador de

EMR es un generador de microondas y además comprende una línea de transmisión de entrada, acoplable operativamente a dicho puerto de entrada de guía de ondas de dicha por lo menos una guía de ondas de radiación electromagnética (EMR), y una línea de transmisión de salida, acoplable operativamente a dicho puerto de salida de guía de ondas de dicha por lo menos una guía de ondas de radiación electromagnética (EMR), en donde dicho generador de microondas, dicha línea de transmisión de entrada y dicha línea de transmisión de salida están adaptados para formar un circuito de EMR de bucle cerrado con dicha por lo menos una guía de ondas de radiación electromagnética (EMR).

5 **10.** Método para el tratamiento de una sustancia fluida que utiliza un aparato (100) de tratamiento de fluidos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo el método:

10 proporcionar una cámara (104) de reactor configurada de tal manera que un suministro de dicha sustancia fluida entra en y atraviesa dicha cámara de reactor;

15 proporcionar al menos una guía (120, 122) de ondas de radiación electromagnética (EMR), que tiene un puerto de entrada de guía de ondas y un puerto de salida de guía de ondas, acoplada operativamente dentro de dicha cámara de reactor y adaptada para acoplar radiación electromagnética de una longitud de onda predeterminada a una sustancia fluida que pasa a través de dicha cámara de reactor;

hacer que una sustancia fluida entre en y atraviese dicha cámara (104) de reactor;

hacer que radiación electromagnética pase a través de la por lo menos una guía de ondas de radiación electromagnética (EMR) y, por lo tanto, se acople a través de la cámara de reactor.

20 **11.** Método de la reivindicación 10, que comprende acoplar operativamente dicho puerto de entrada de guía de ondas y dicho puerto de salida de guía de ondas dentro de dicha cámara de reactor acoplando operativamente dichos puerto de entrada de guía de ondas y puerto de salida de guía de ondas a ubicaciones separadas una de otra en una pared perimetral (103) de dicha cámara (104) de reactor, tal como para estar acoplados operativamente entre sí a través de un volumen de reactor definido dentro de dicha cámara de reactor.

25 **12.** Método de la reivindicación 11, que comprende acoplar operativamente dicho primer puerto de entrada de guía de ondas y dicho primer puerto de salida de guía de ondas dentro de dicha cámara de reactor por medio de una interfaz óptica, por ejemplo, en el que el primer elemento de interfaz y el segundo elemento de interfaz comprenden porciones de la pared adaptadas para ser al menos parcialmente transparentes a radiación electromagnética de dicha longitud de onda predeterminada.

30 **13.** Método de la reivindicación 11 ó 12, que comprende generar una onda estacionaria a través de la cámara de reactor.

**14.** Método de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la longitud de onda predeterminada está entre 1 mm y 1 m a un espectro de frecuencia respectivo de 300 GHz a 300 MHz (microondas).

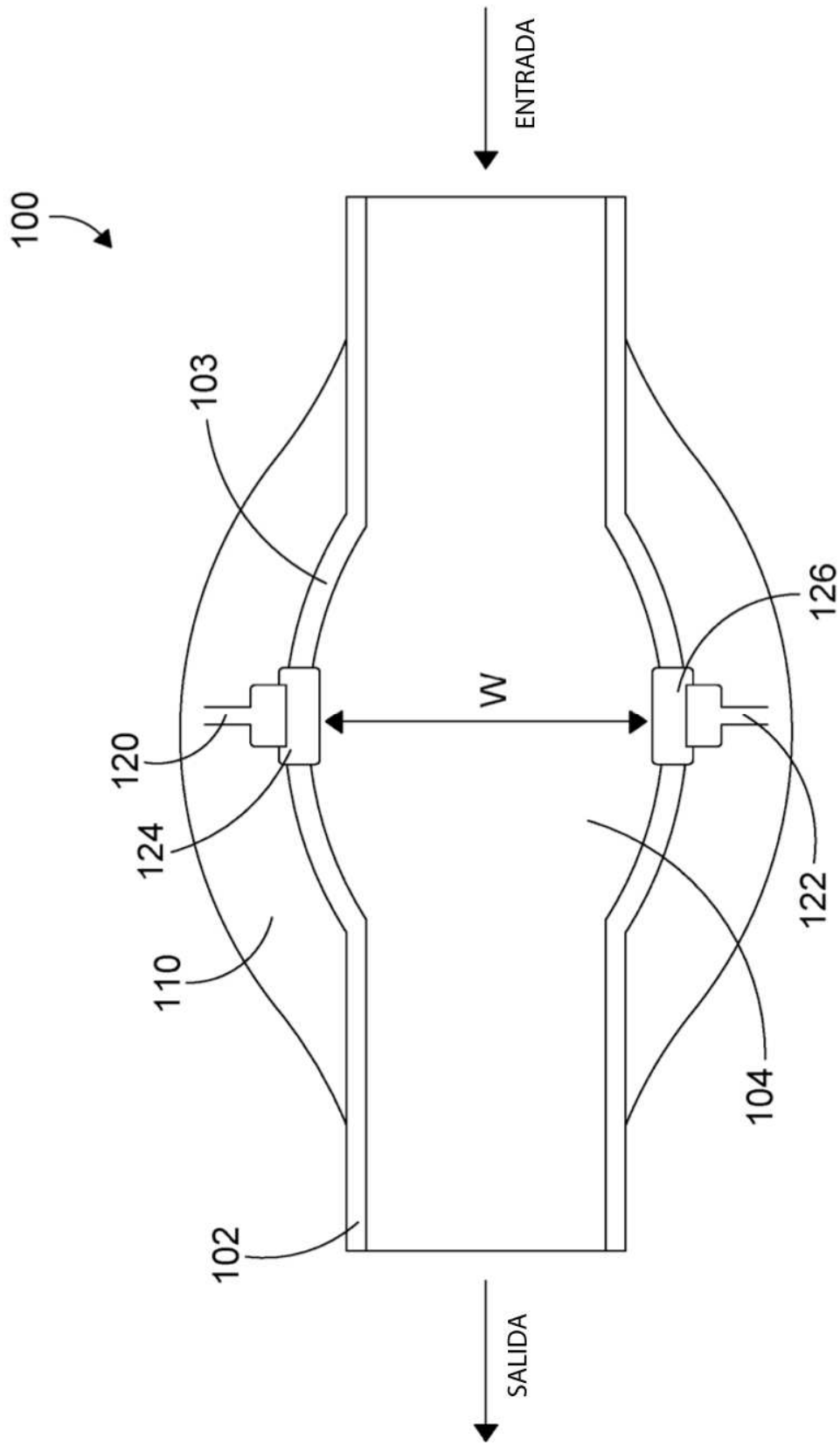


FIG. 1

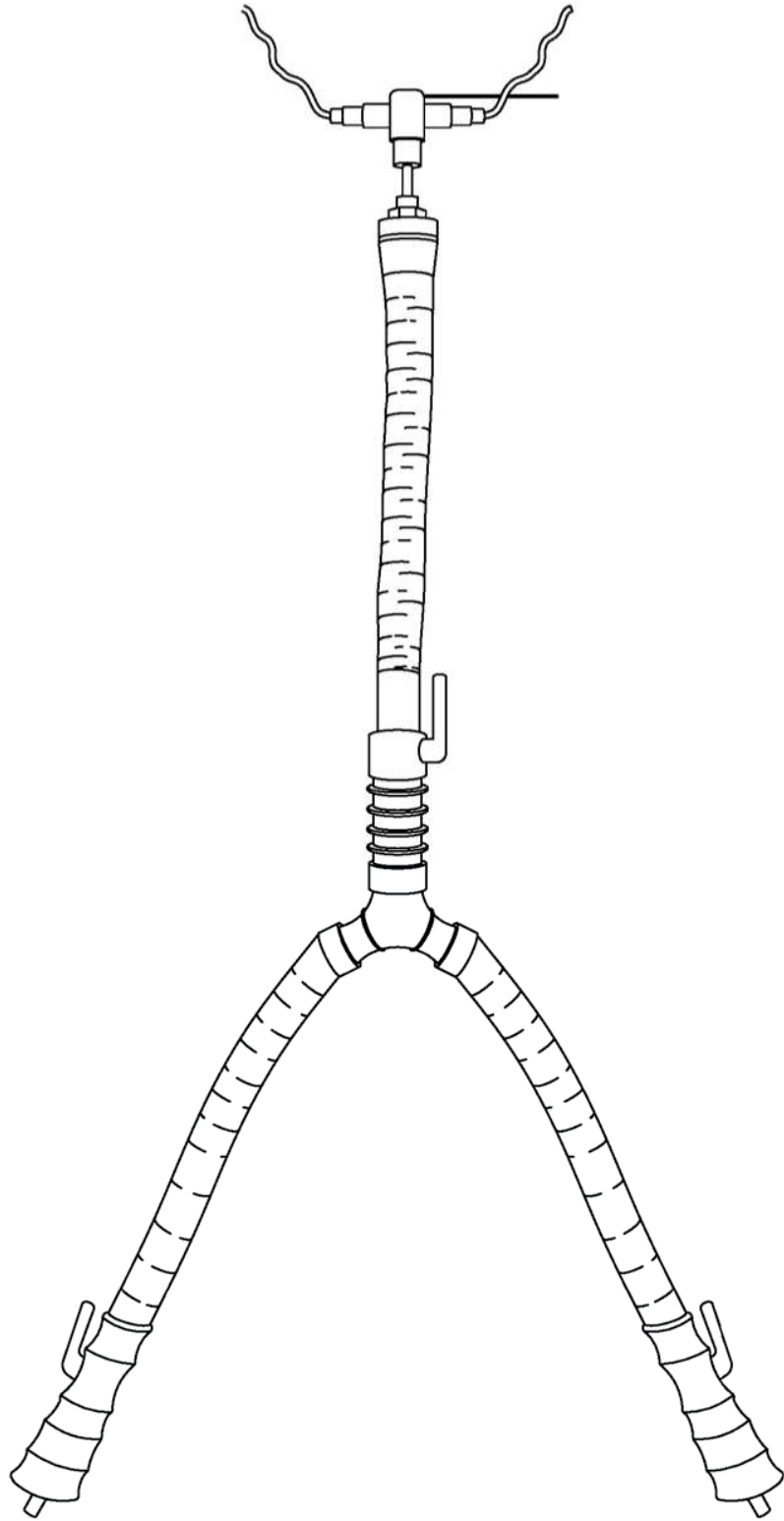
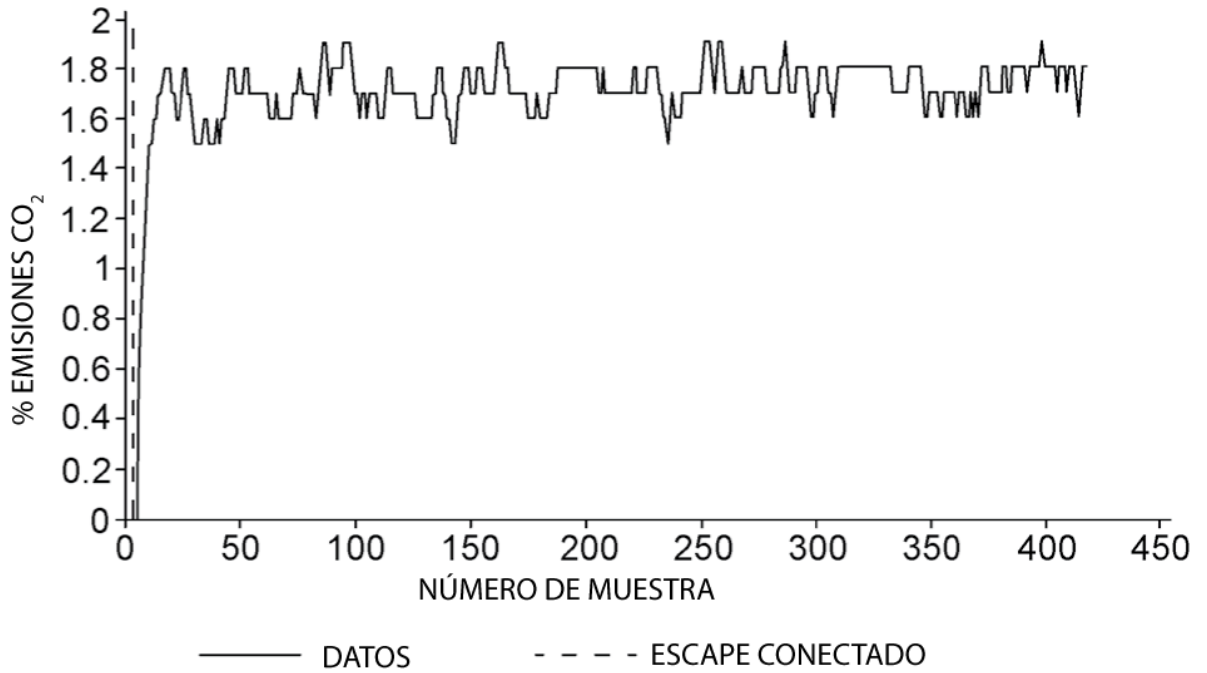


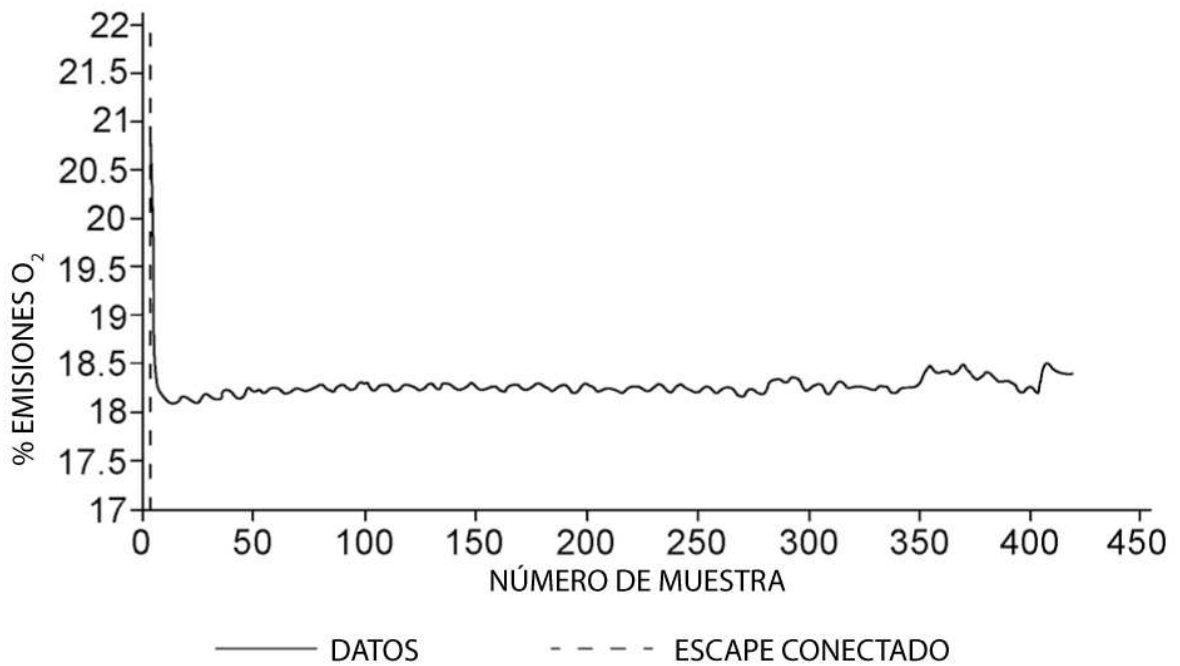
FIG. 2

ENERGÍA ARCS-ARCS DESACTIVADO  
27 ABRIL 2016  
EMISIONES CO<sub>2</sub>



**FIG. 3**

ENERGÍA ARCS-ARCS DESACTIVADO  
27 ABRIL 2016  
EMISIONES O<sub>2</sub>



**FIG. 4**

ENERGÍA ARCS-ARCS DESACTIVADO  
27 ABRIL 2016  
EMISIONES CO

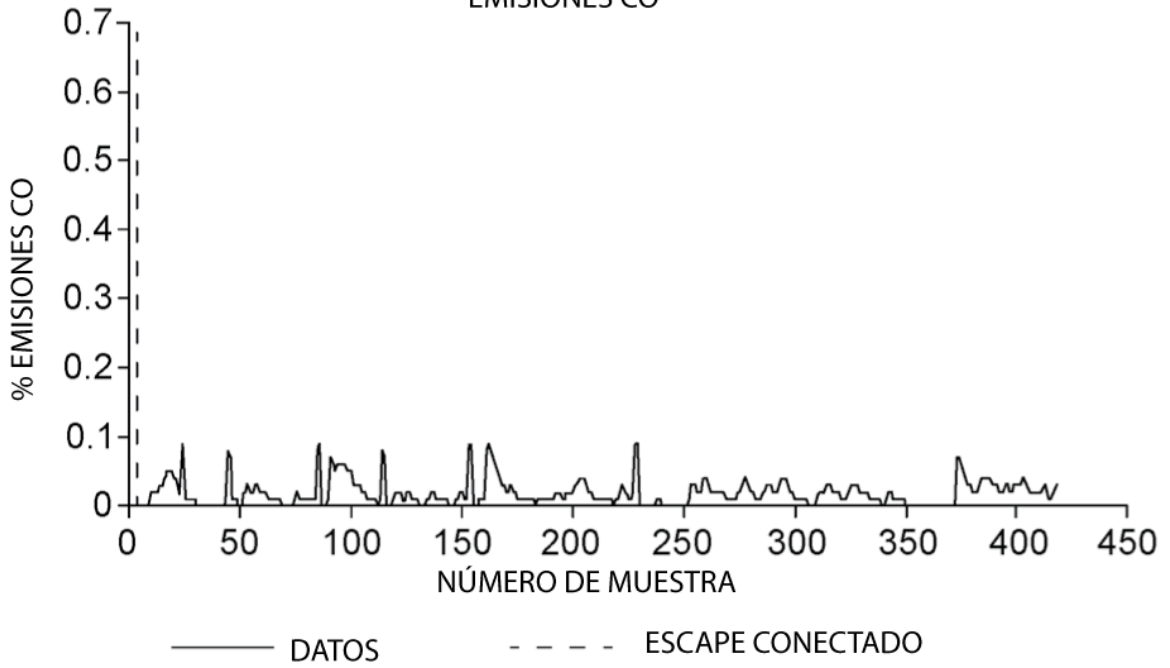


FIG. 5

ENERGÍA ARCS-ARCS DESACTIVADO  
27 ABRIL 2016  
EMISIONES NO

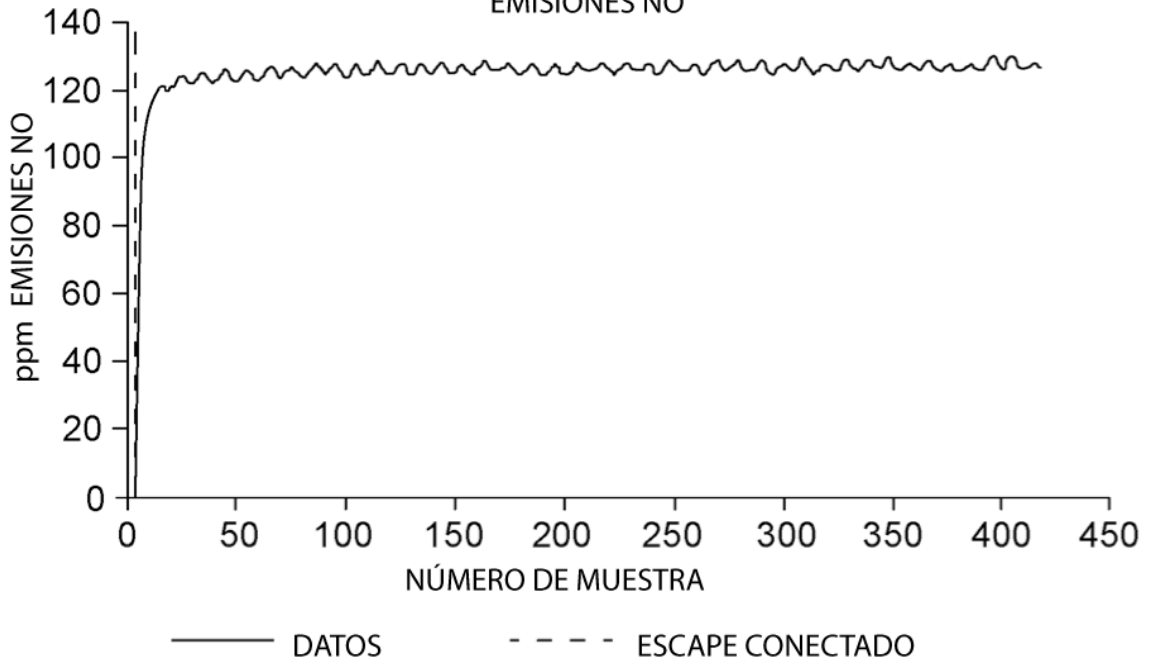


FIG. 6



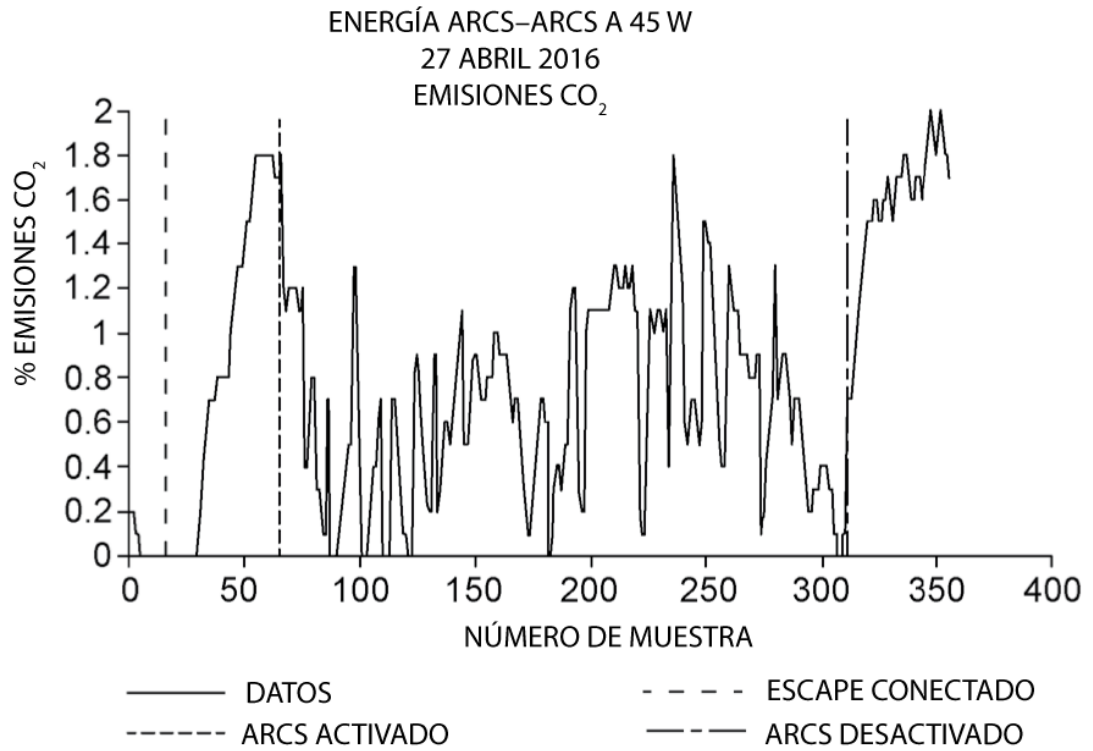


FIG. 7

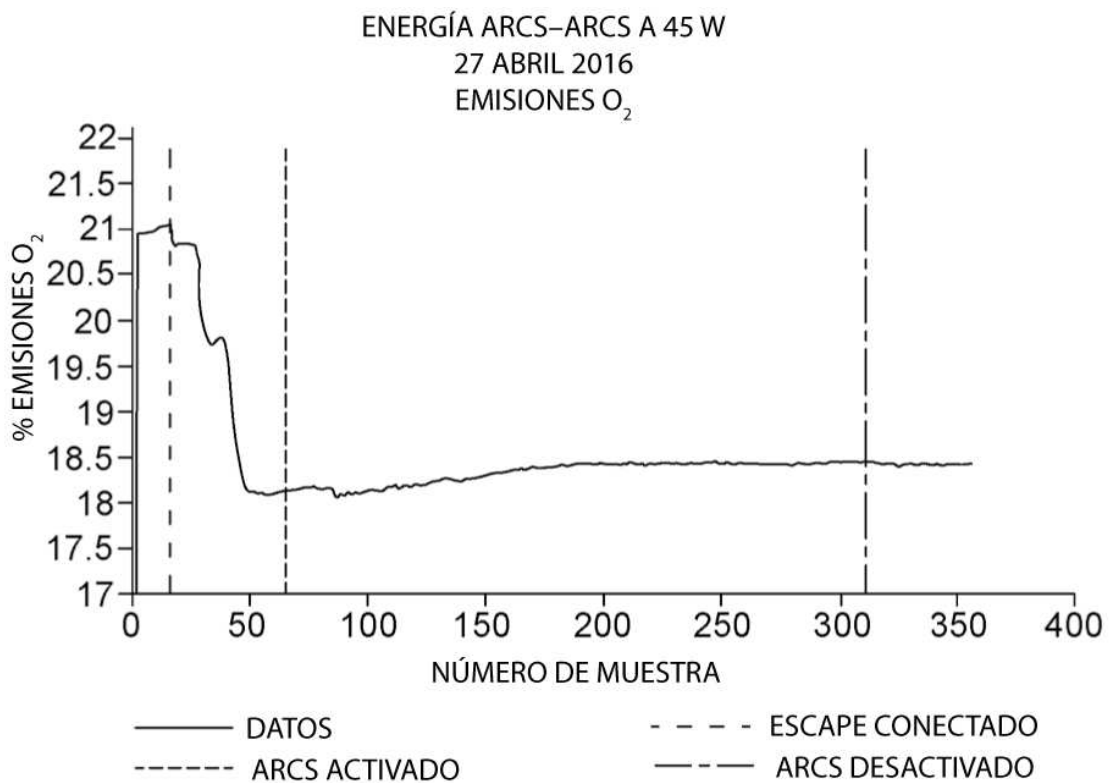


FIG. 8

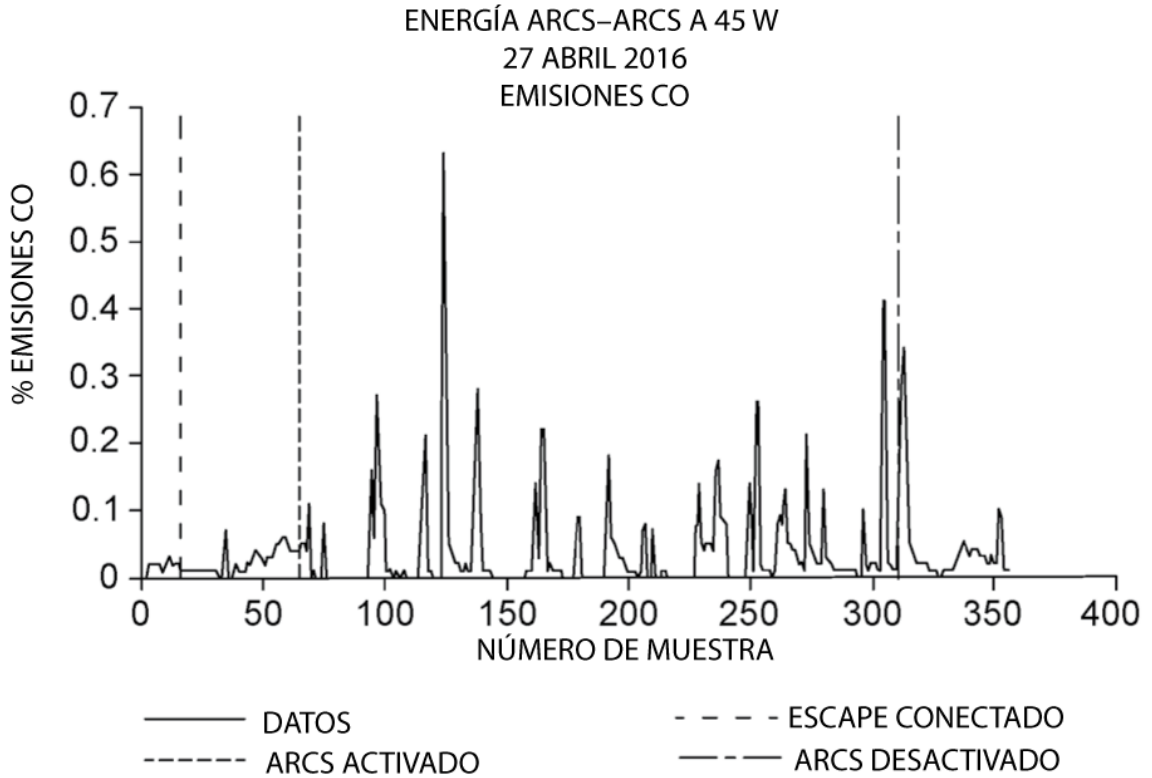


FIG. 9

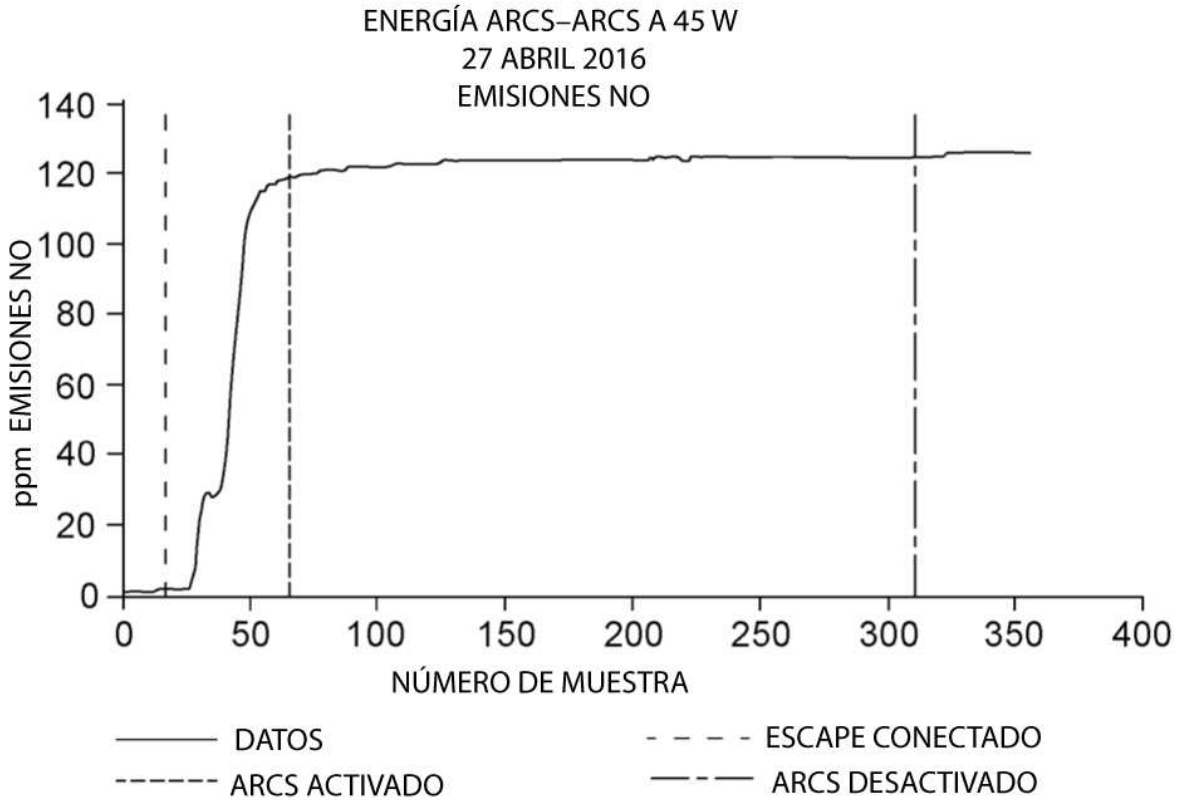


FIG. 10

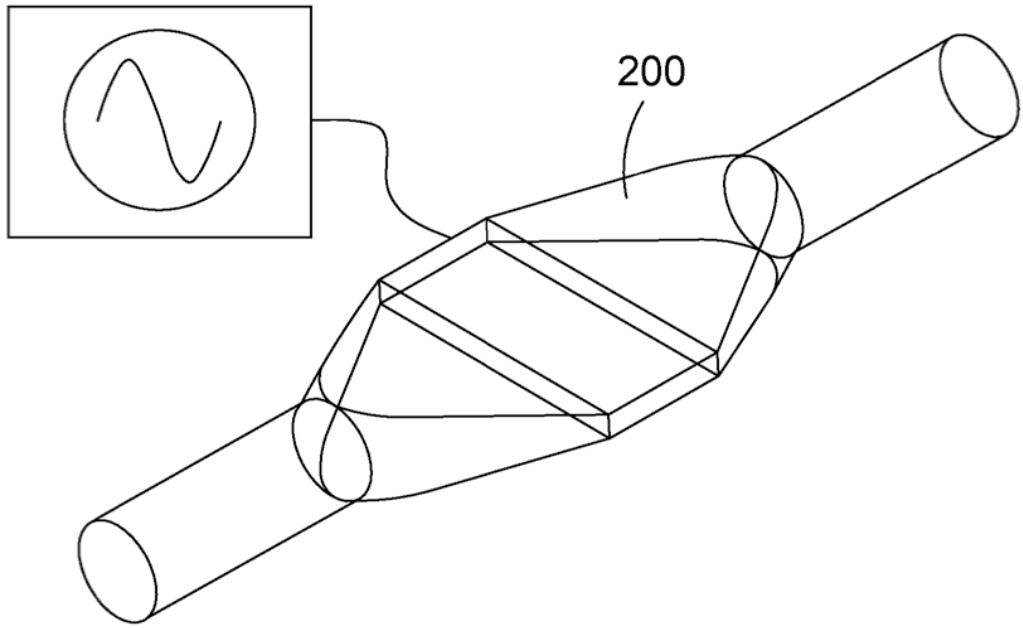


FIG. 11

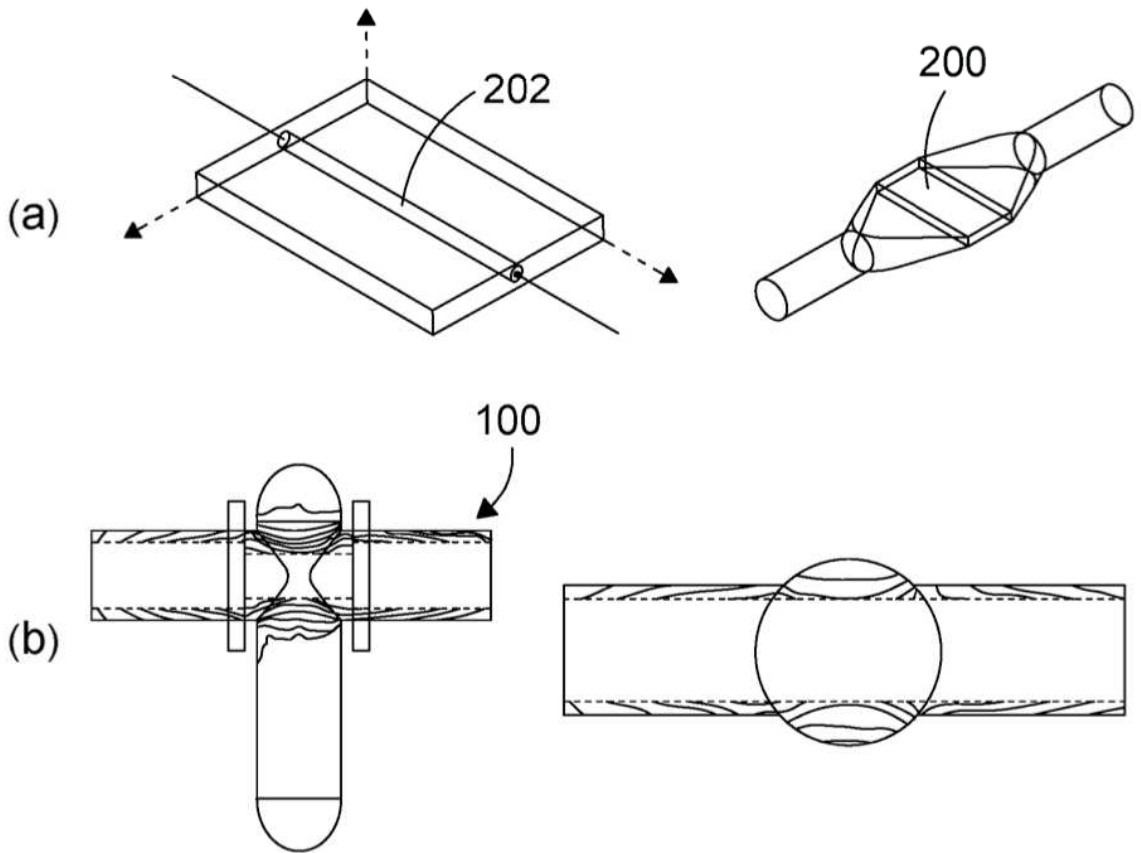
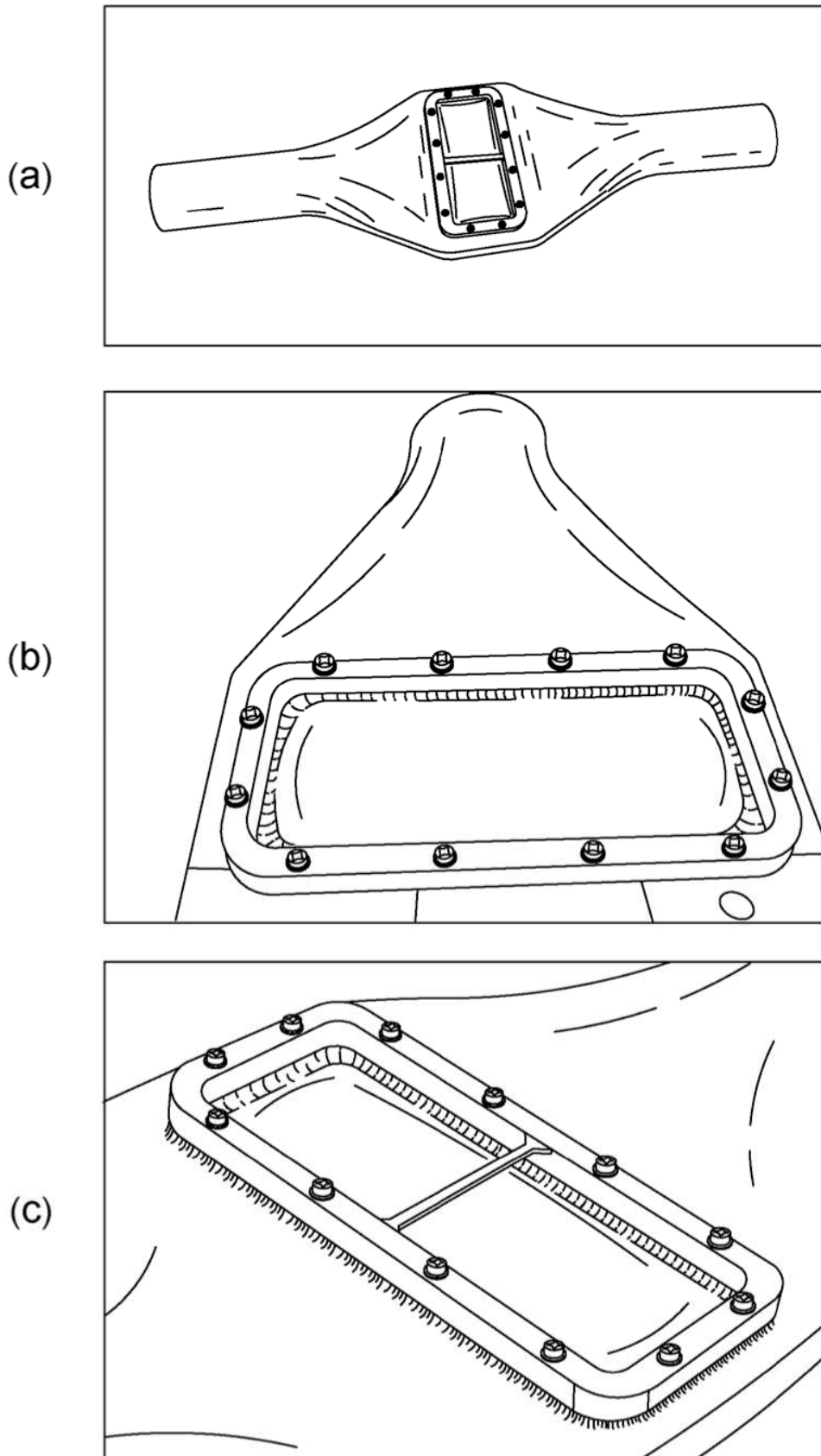


FIG. 12



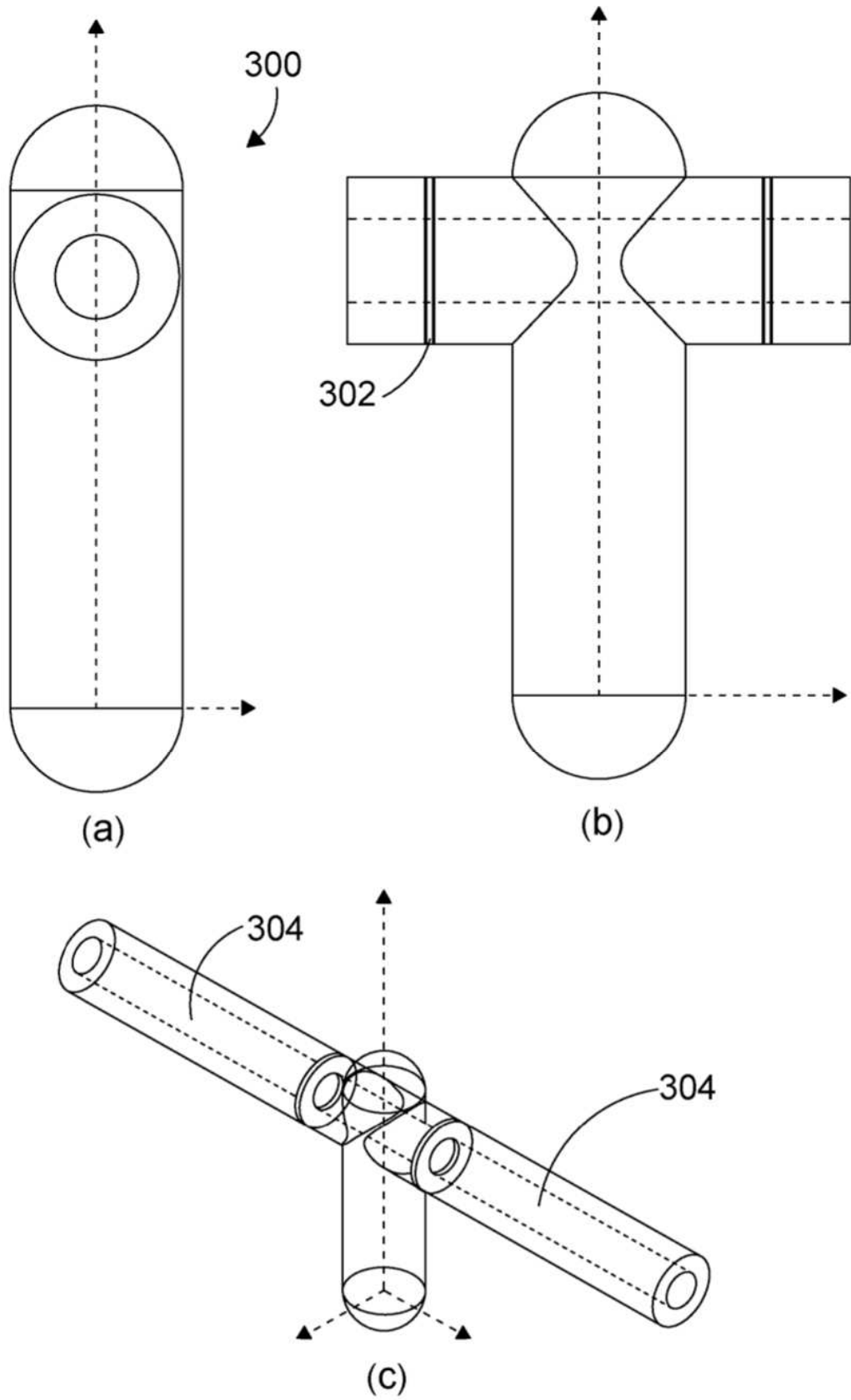


FIG. 14

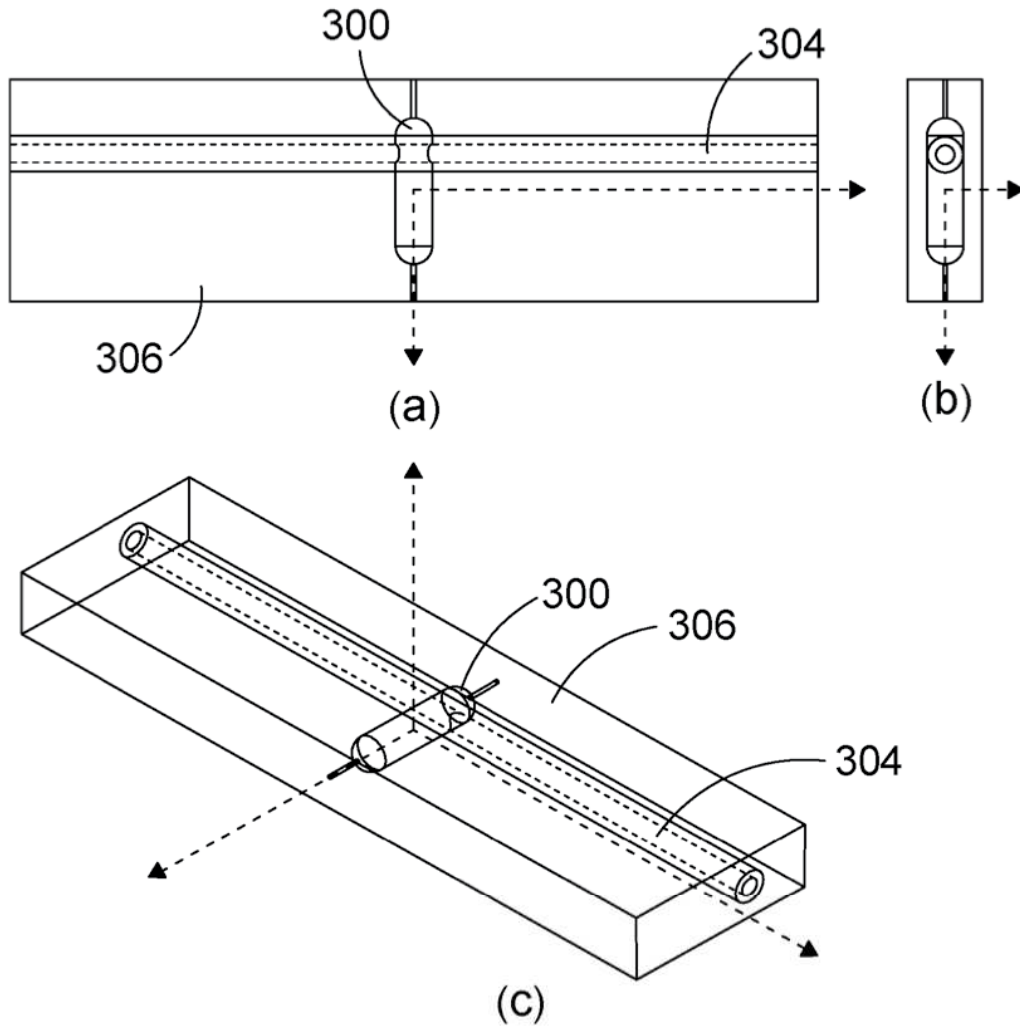


FIG. 15

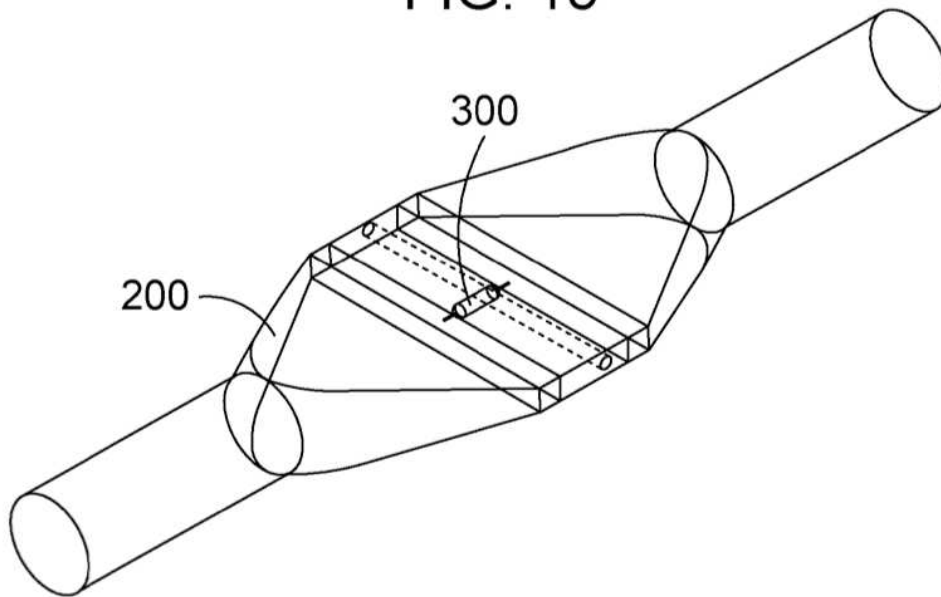


FIG. 16

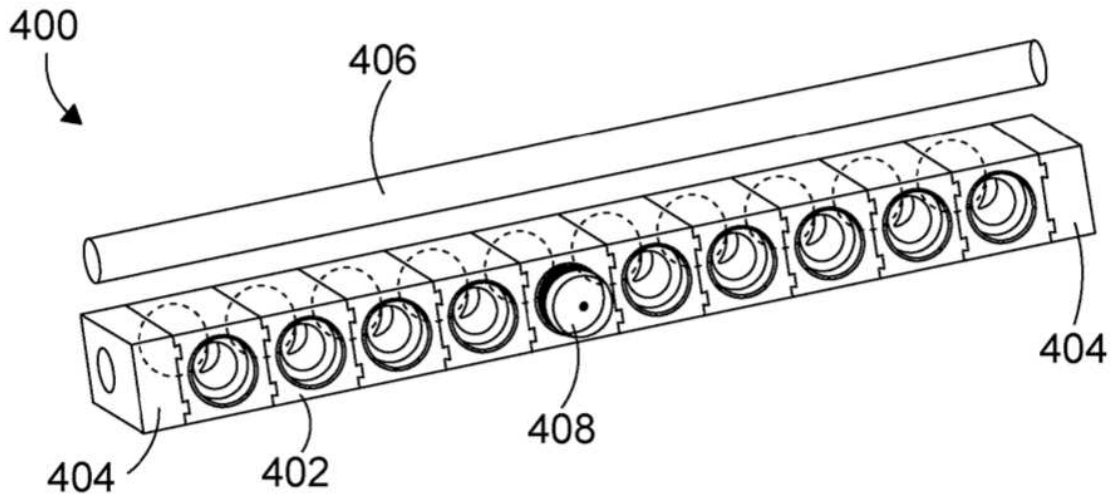


FIG. 17

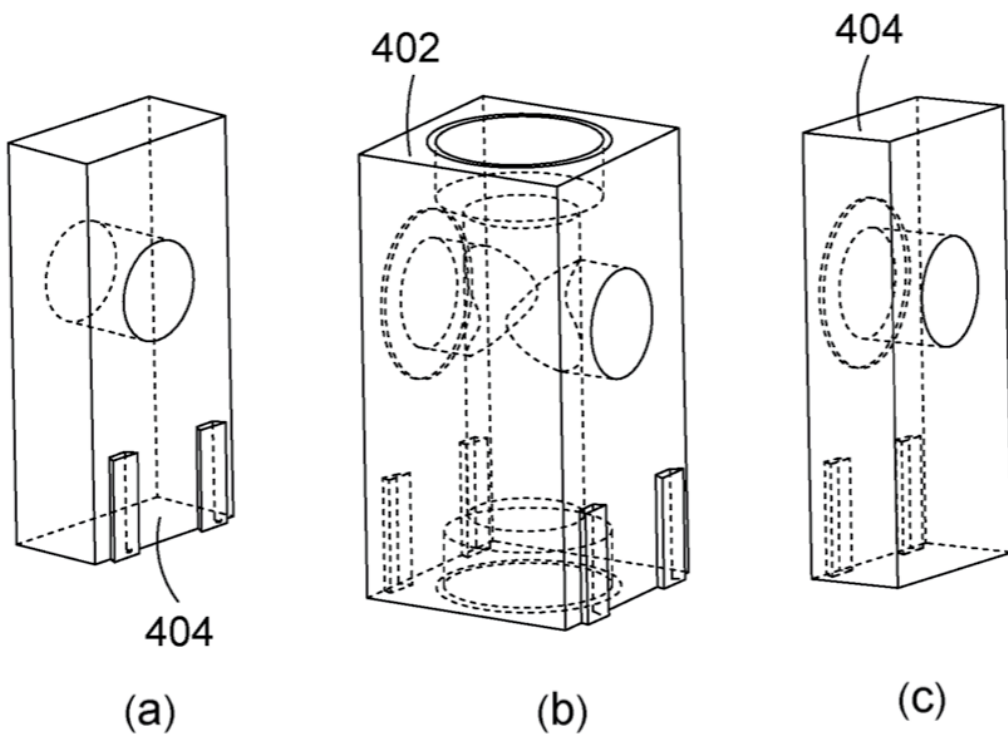


FIG. 18

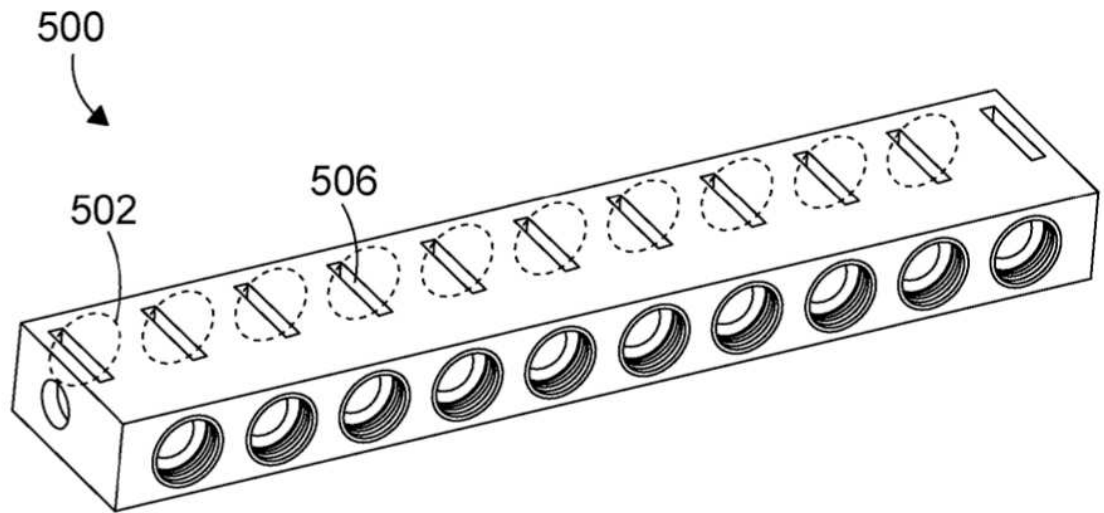


FIG. 19

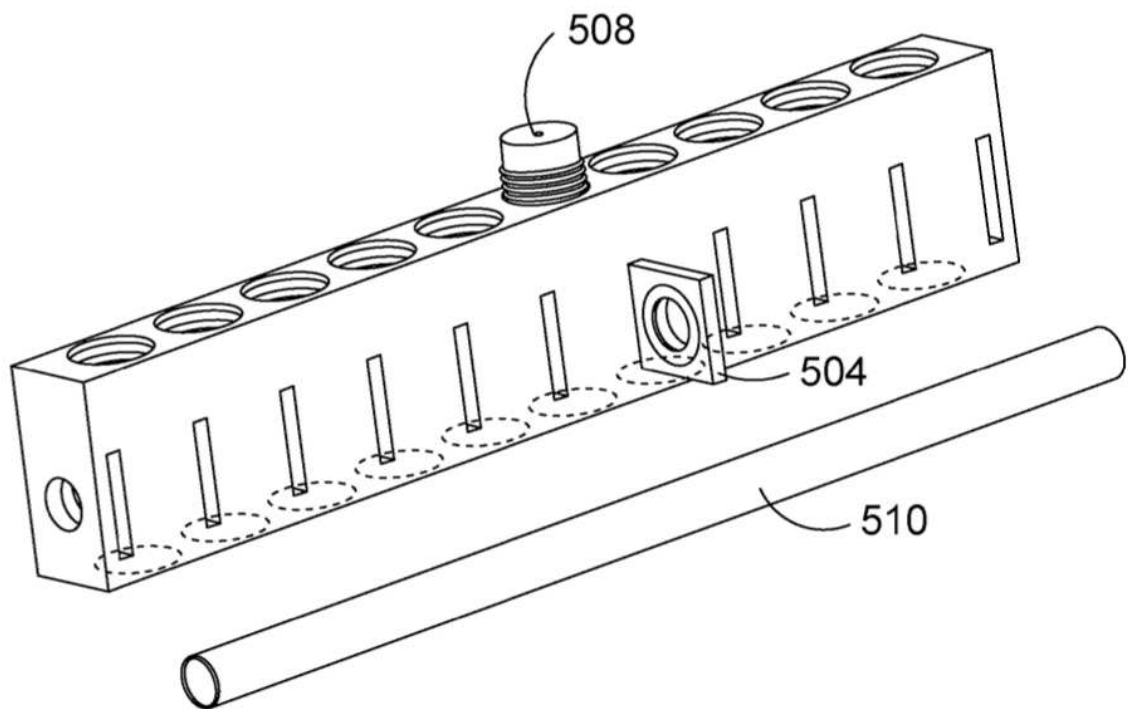


FIG. 20



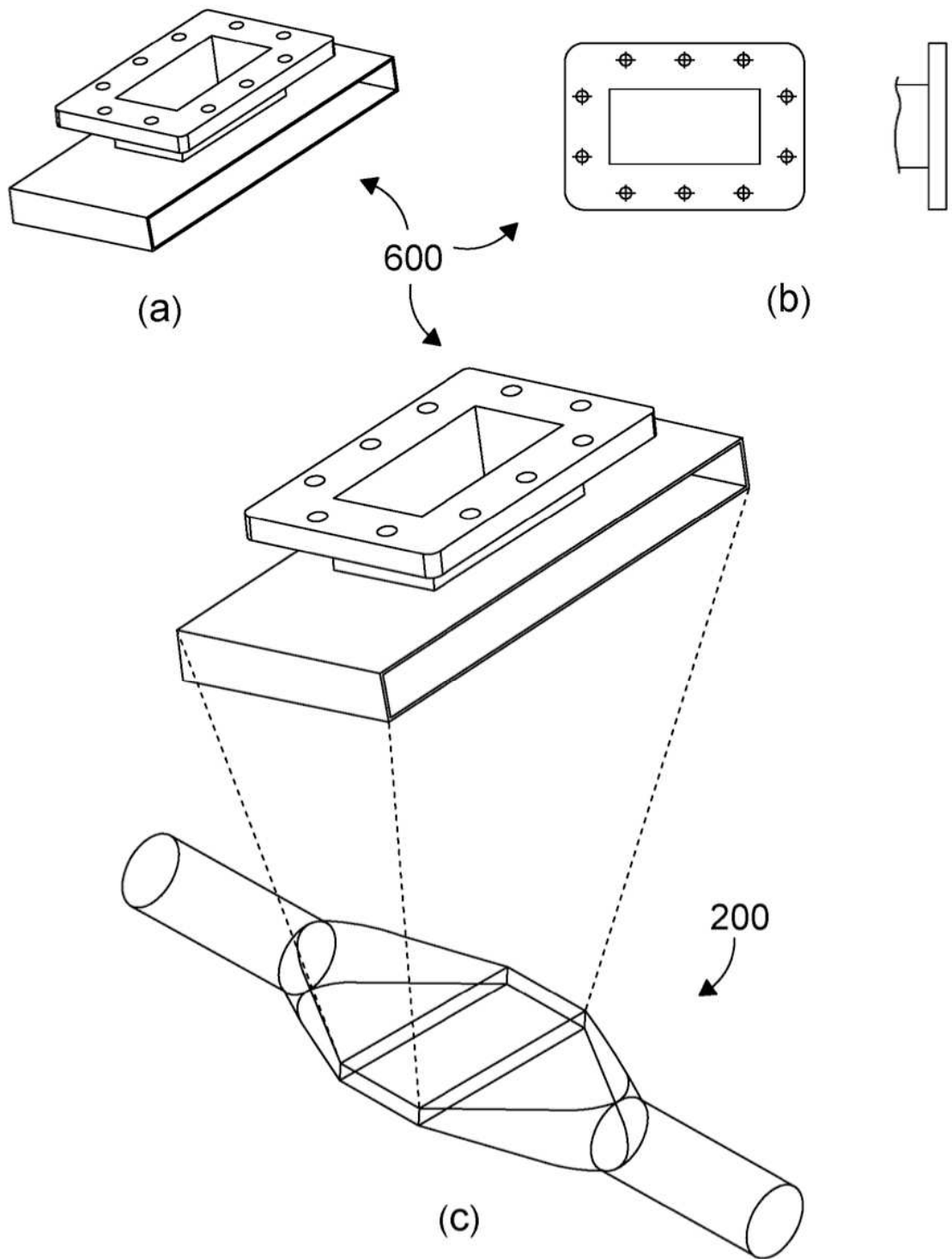


FIG. 21

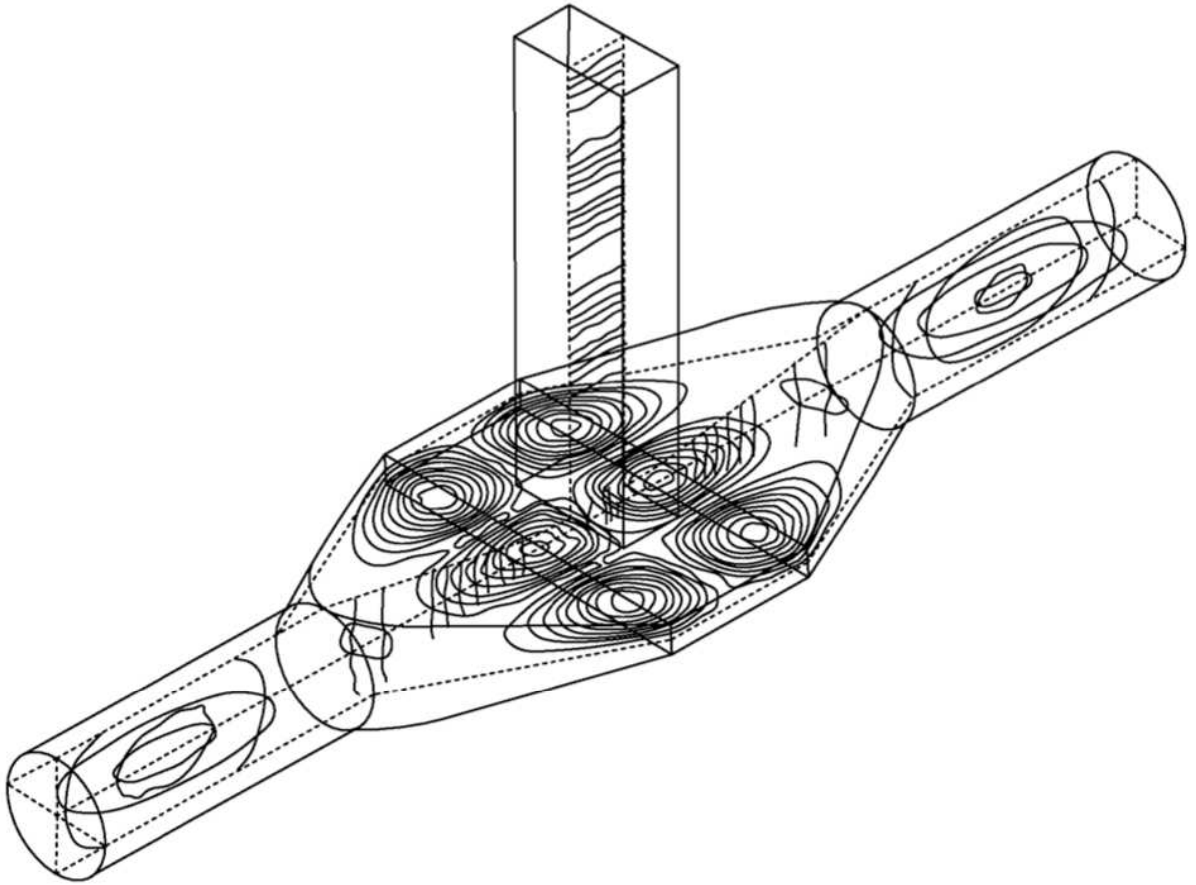


FIG. 22