

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 570**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/00** (2006.01)

**F01N 9/00** (2006.01)

**G01M 15/04** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2017** **PCT/EP2017/072946**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2018** **WO18050661**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2017** **E 17771708 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2024** **EP 3512627**

54 Título: **Sistema de prueba con reactor de fluido recirculante**

30 Prioridad:

**13.09.2016 GB 201615561**

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

**29.10.2024**

73 Titular/es:

**CATAGEN LIMITED (100.0%)**  
**1 Chlorine Gardens**  
**Belfast, County Antrim BT9 5DJ, GB**

72 Inventor/es:

**WOODS, ANDREW;**  
**STEWART, JONATHAN;**  
**O'SHAUGHNESSY, RICHARD y**  
**STALKER, ROSE MARY**

74 Agente/Representante:

**FERNÁNDEZ POU, Felipe**

ES 2 984 570 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

Sistema de prueba con reactor de fluido recirculante

### 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de prueba de productos. La invención se refiere particularmente a sistemas para probar el rendimiento de productos en condiciones ambientales variables y/o con el tiempo.

### 10 Antecedentes de la invención

Es común que los fabricantes hagan probar el rendimiento de sus productos en diferentes condiciones ambientales y/o con el tiempo para valorar, por ejemplo, cómo los productos envejecen o se degradan en entornos particulares. La naturaleza de tales productos varía ampliamente e incluye componentes eléctricos y electrónicos, componentes mecánicos, lubricantes, combustibles, pinturas, recubrimientos y compuestos químicos. Habitualmente, los equipos de prueba dedicados están diseñados para adaptarse a productos particulares y llevar a cabo pruebas específicas.

Los equipos de prueba convencionales tienden a ser energéticamente ineficientes e inflexibles. Por lo tanto, el proceso de prueba tiende a ser costoso, de alcance limitado y lento. Por lo tanto, sería deseable proporcionar equipos de prueba mejorados. El documento CA-A-2 363 378 divulga un aparato con un dispositivo de control.

Sumario de la invención

25 El objeto reivindicado de la invención se indica en la reivindicación independiente 1 seguida de las reivindicaciones dependientes 2-15.

Un primer aspecto proporciona un sistema de prueba que comprende:

30 un reactor, comprendiendo el reactor

un circuito de fluido,

35 una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,

una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva, incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y

40 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control y en donde dicho sistema de control está configurado para:

45 recibir datos de entrada que especifican al menos un valor de prueba para dicho al menos un parámetro;

predecir el comportamiento, con respecto a dicho al menos un parámetro de fluido, de dicho fluido usando dichos datos de entrada y un modelo matemático del reactor;

50 calcular dicha información de control basándose en el comportamiento previsto del fluido; y comunicar dicha información de control a al menos una de dichas zonas de control.

El modelo matemático puede adoptar cualquier forma adecuada, por ejemplo, comprendiendo un modelo que sea adecuado para su uso con control predictivo de modelo, o un modelo que sea adecuado para su uso con una red neuronal artificial.

55

Un segundo aspecto proporciona un sistema de prueba que comprende:

un reactor, comprendiendo el reactor

60

un circuito de fluido,

una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,

65

una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva,

incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y

- 5 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control,

- 10 en donde dicho circuito de fluido incluye una salida de fluido, incluyendo el reactor una zona de control de evacuación que tiene un dispositivo de control de evacuación que se puede operar para abrir o cerrar dicha salida de fluido,

- 15 y en donde dicho sistema de control está configurado para hacer funcionar dicho dispositivo de control de evacuación con dicha información de control para controlar la evacuación de fluido desde dicho circuito de fluido.

Un tercer aspecto proporciona un sistema de prueba que comprende:

un reactor, comprendiendo el reactor

- 20 un circuito de fluido,

una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,

- 25 una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva, incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y

- 30 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control, en donde dicho fluido comprende un fluido de base compuesto de al menos un fluido a granel, estando conectado dicho sistema a una fuente de dicho al menos un fluido a granel mediante al menos un dispositivo de entrada de fluido para introducir dicho al menos un fluido a granel en dicho circuito de fluido bajo el control de dicho sistema de control, y en donde dicho al menos un fluido a granel comprende aire, típicamente entre 35 aproximadamente 10 % a 100 % de aire en volumen.

Un cuarto aspecto proporciona un sistema de prueba que comprende:

un reactor, comprendiendo el reactor

- 40 un circuito de fluido,

una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,

- 45 una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva, incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y

- 50 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control, en donde dicho sistema de control está configurado para ajustar uno cualquiera o más de la composición, temperatura o caudal de dicho fluido en dicho circuito de fluido, preferiblemente para establecer una condición de base para dicho fluido en dicho circuito, controlando la introducción de dicho al menos un gas 55 a granel en dicho circuito de fluido para diluir el fluido en el circuito de fluido.

Un quinto aspecto proporciona un sistema de prueba que comprende:

un reactor, comprendiendo el reactor

- 60 un circuito de fluido,

una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,

- 65 una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva,

incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y

- 5 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control, en donde dicho circuito de fluido incluye medios de calentamiento que pueden funcionar calentando dicho fluido en dicho circuito de fluido y en donde dicho circuito de fluido incluye una porción de circuito de derivación para desviar fluido alrededor de dichos medios de calentamiento, y al menos una válvula que puede funcionar controlando la proporción respectiva de dicho fluido en dicho circuito de fluido que fluye a través de la porción de circuito de derivación y los medios de calentamiento, y en donde dicho sistema de control está configurado para controlar el funcionamiento de dicha al menos una válvula con el fin de controlar la temperatura del fluido en dicho circuito de fluido.

Un sexto aspecto proporciona un sistema de prueba que comprende:

- 15 un reactor, comprendiendo el reactor
- un circuito de fluido,
- 20 una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,
- una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva, incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y

- 25 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control, en donde dicho circuito de fluido incluye una porción de circuito de derivación para desviar fluido alrededor de dicha zona de prueba, y al menos una válvula que puede funcionar controlando la proporción respectiva de dicho fluido en dicho circuito de fluido que fluye a través de la porción del circuito de derivación de la zona de prueba y la zona de prueba, y en donde dicho sistema de control está configurado para controlar el funcionamiento de dicha al menos una válvula con el fin de controlar el caudal del fluido en dicha zona de prueba.

- 35 Un séptimo aspecto proporciona un método para controlar al menos un parámetro de un fluido en un reactor de fluido, comprendiendo el método recibir, en un sistema de control, datos de entrada que especifican al menos un valor de prueba para dicho al menos un parámetro; predecir, mediante dicho sistema de control, el comportamiento, con respecto a dicho al menos un parámetro de fluido, de dicho fluido usando dichos datos de entrada y un modelo matemático del reactor; calcular, en dicho sistema de control, información de control basada en el comportamiento previsto del fluido; y comunicar dicha información de control a al menos un dispositivo de control de fluido.

- 40 Un octavo aspecto proporciona un método para controlar al menos un parámetro de un fluido en un reactor de fluido, comprendiendo dicho método controlar la evacuación de fluido de dicho reactor de fluido para ajustar la cantidad de recirculación de dicho fluido en dicho reactor de fluido y/o retirar una cantidad calculada de dicho fluido de dicho reactor de fluido.

- 45 Un noveno aspecto proporciona un método para controlar al menos un parámetro de un fluido en un reactor de fluido, introduciendo dicho método al menos un fluido a granel en dicho reactor de fluido en donde dicho al menos un fluido a granel comprende aire, típicamente entre aproximadamente 10 % y 100 % de aire en volumen.

- 50 Un décimo aspecto proporciona un método para controlar al menos un parámetro de un fluido en un reactor de fluido, comprendiendo dicho método ajustar uno cualquiera o más de la composición, temperatura o caudal de dicho fluido en dicho reactor de fluido, preferiblemente para establecer una condición de base para dicho fluido en dicho reactor, controlando la introducción de dicho al menos un gas a granel en dicho reactor de fluido para diluir el fluido en el reactor de fluido.

- 55 Un undécimo aspecto de la invención proporciona un método para controlar al menos un parámetro de un fluido en un reactor de fluido, comprendiendo el método desviar al menos parte de dicho fluido alrededor de un aparato de calentamiento con el fin de controlar la temperatura del fluido en dicho reactor.

- 60 Un duodécimo aspecto proporciona un método para controlar al menos un parámetro de un fluido en un reactor de fluido, comprendiendo el método desviar al menos parte de dicho fluido alrededor de una zona de prueba con el fin de controlar el caudal del fluido en dicha zona de prueba.

Las realizaciones preferidas del sistema incluyen un reactor de fluido de recirculación que es energéticamente eficiente y permite un control preciso de la composición química, el flujo y la temperatura en una o más zonas de reacción (prueba) donde se encuentra el producto o material bajo prueba. Ventajosamente, el control basado en modelos matemáticos se implementa en una o más zonas de control. Típicamente, el funcionamiento del reactor implica el suministro de uno o más gases y/o líquidos a un sistema cerrado de volumen fijo conocido.

La triangulación de múltiples fuentes de medición, modelos predictivos y sistemas calibrados de suministro de gas/líquido garantiza la precisión en un entorno dinámico.

En realizaciones preferidas, el reactor de gas o líquido (fluido) de recirculación comprende al menos uno, normalmente dos o más, sistemas/circuitos de gas de recirculación con horno integral, depósito de almacenamiento y soplador. El calor se reutiliza a través de un intercambiador de calor integral y puede almacenarse en todo el sistema.

Las realizaciones preferidas de la invención proporcionan un suministro controlado de precisión de cantidades conocidas de gas en un momento y ubicación conocidos en el circuito de fluido con una concentración y una temperatura conocidas. Esto permite niveles conocidos muy altos de repetibilidad, precisión y estabilidad, hace posible valorar y comparar el rendimiento y determinar la capacidad del sistema de medición para un amplio intervalo de sensores y sistemas de medición en un amplio intervalo de condiciones operativas.

Las realizaciones preferidas son capaces de replicar el caudal, la temperatura, la composición química, la distribución y la agitación a gran escala. Composición puede significar los fluidos/gases constituyentes y/o sus concentraciones, según corresponda, y puede abarcar la composición química y/o la composición de la mezcla, según corresponda.

Aspectos ventajosos adicionales de la invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica al revisar la siguiente descripción de una realización específica y con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describe, a modo de ejemplo, una realización de la invención y con referencia a los dibujos adjuntos, en que se usan numerales semejantes para indicar piezas semejantes y en que:

la Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de prueba que plasma un aspecto de la invención;

la Figura 2 es una ilustración esquemática de una zona de control, que forma parte del sistema de prueba de la Figura 1;

la Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra acciones ejemplares de un controlador de flujo másico junto con un controlador de sistema, siendo cada uno parte del sistema de la Figura 1;

la Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra acciones de control de flujo ejemplares implementadas por el controlador del sistema; y

la Fig. 5 es una vista esquemática de una realización alternativa del sistema de prueba.

Descripción detallada de los dibujos

Con referencia ahora a las Figuras 1 y 2 de los dibujos, se muestra, generalmente indicado como 10, un sistema de prueba que plasma un aspecto de la invención. El sistema de prueba 10 incluye un reactor 12 y un sistema de control 14 para controlar el funcionamiento del reactor 12. El reactor 12 está destinado a ocasionar y controlar reacciones químicas en uso y puede describirse como un reactor químico. El reactor 12 controla la exposición de uno o más productos bajo prueba (PBP) - no mostrados - a uno o más fluidos y, por lo tanto, puede describirse como un reactor de fluido. El fluido típicamente comprende uno o más gases, en cuyo caso el reactor 12 puede describirse como un reactor de gas, aunque también o como alternativa se pueden usar líquidos. El reactor 12 incluye uno o más circuitos de fluido mediante los cuales se puede recircular el fluido dentro del reactor 12 y, como tal, el reactor 12 puede describirse como un reactor de fluido de recirculación. Como se describe con más detalle a continuación en el presente documento, el reactor 12 puede incluir una o más válvulas conectadas a uno o más respiraderos para permitir que todo o parte del fluido en el reactor 12 sea evacuado, o retirado, del reactor 12, en particular durante realización de una prueba. Por ello, durante una prueba se puede recircular entre 0 % y 100 % del fluido dependiendo de qué evacuación se realiza, si se realiza alguna. Al controlar las válvulas relevantes durante una prueba, la cantidad de fluido que se recircula se puede variar para adaptarse a la prueba.

Las realizaciones preferidas del sistema 10 son adecuadas para su uso con cualquier PBP deseado,

incluyendo, pero sin limitación, componentes y artículos eléctricos, componentes y artículos electrónicos, componentes y artículos mecánicos, líquidos y productos químicos (en forma líquida o sólida). Los ejemplos de productos específicos incluyen, pero sin limitación, circuitos integrados, dispositivos de estado sólido, piezas y conjuntos de automóviles, catalizadores, lubricantes, combustibles, pinturas y recubrimientos, metales, aleaciones, materiales y compuestos.

El reactor 12 comprende uno o más circuitos de fluido 16 alrededor de los cuales el fluido circula, y preferiblemente se recircula, durante el uso. En la realización ilustrada, el reactor tiene dos circuitos de fluido 16A, 16B, aunque en realizaciones alternativas puede haber más o menos circuitos de fluido. Los circuitos de fluido 16 pueden ser de cualquier construcción conveniente, incluyendo típicamente uno o más de: tubería o tuberías, tubo o tubos, manguera o mangueras, canal o canales y/u otros conductos de fluido. Estos pueden estar formados de cualquier material conveniente, por ejemplo, metal o plástico, y opcionalmente pueden estar aislados térmicamente.

Cada circuito de fluido 16 incluye al menos una zona de prueba respectiva 18 en que uno o más PBP están ubicados en uso. La zona de prueba 18 puede adoptar cualquier forma adecuada, por ejemplo, comprendiendo una cámara incorporada en el circuito respectivo 16 o siendo parte de un conducto que forma el circuito 16. La zona de prueba 18 está en comunicación fluida con el circuito de fluido respectivo 16 de tal manera que el fluido pasa a través de la zona de prueba 18 durante el uso, exponiendo así el PBP al fluido de circulación. Opcionalmente, la zona de prueba 18 puede incluir uno o más dispositivos mecánicos para ejercer una o más fuerzas mecánicas sobre el PBP, por ejemplo, vibración, oscilación, tensión, esfuerzo, tracción, torsión, compresión, carga, presión y/o fricción, y/o un dispositivo o dispositivos para crear un campo eléctrico y/o magnético. Cualquier dispositivo mecánico convencional (no mostrado pero representado en la figura 1 como "agitación") puede usarse para este propósito, por ejemplo, lecho vibratorio u oscilante, muelle o muelles, abrazadera o abrazaderas, accionador o accionadores, imanes, electroimanes y/o generadores de campo eléctrico. Además, también se pueden controlar las condiciones ambientales del PBP.

El sistema puede incluir uno o más dispositivos para este propósito, incluyendo uno o más de cualquier aparato convencional para calentar o enfriar el ambiente, la humedad ambiental y/o para ajustar el flujo de aire ambiental y/o la presión de aire ambiental. Esto permite simular las condiciones ambientales del mundo real alrededor de la zona de prueba.

El reactor 12 puede incluir uno o más depósitos de fluido 24 para almacenar cantidades de mezclas de gas (o líquido) con concentraciones conocidas, y típicamente también para almacenar energía (es decir, almacenando fluido a una temperatura elevada en comparación con el fluido en el circuito). En realizaciones típicas, cada circuito de fluido 16A, 16B incluye un depósito respectivo 24A, 24B. En realizaciones alternativas (no ilustradas) se pueden omitir los depósitos.

El reactor 12 incluye medios de bombeo 20 para causar que el fluido fluya alrededor de cada circuito 16. Los medios de bombeo pueden ocasionar que el fluido fluya alrededor de cada circuito 16A, 16B individualmente, o que fluya alrededor de un circuito de fluido combinado que comprende todo o parte de cada circuito 16A, 16B dependiendo de la regulación de una o más válvulas respectivas 15. Cada circuito 16A, 16B puede tener sus propios medios de bombeo 20A, 20B, que pueden incorporarse al circuito respectivo 16A, 16B o acoplarse operativamente de otro modo al circuito respectivo 16 de cualquier manera convencional. Como alternativa, se pueden proporcionar medios de bombeo comunes para más de un circuito de fluido. En realizaciones típicas donde el fluido es gas, los medios de bombeo pueden comprender uno o más ventiladores. En la realización ilustrada, se proporciona un ventilador respectivo 20A, 20B en cada circuito 16A, 16B. Los ventiladores 20 pueden ser, por ejemplo, ventiladores centrífugos o sopladores, que pueden estar incorporados en línea en el circuito respectivo 16. De manera más general, los medios de bombeo pueden comprender cualquier otro dispositivo de bombeo apropiado, incluidos ventiladores axiales, ventiladores de hélice, ventiladores centrífugos (radiales), ventiladores de flujo mixto y ventiladores de flujo cruzado, bombas centrífugas y bombas de desplazamiento positivo, compresores y/o turbinas. Los medios de bombeo son controlables para controlar el flujo, y en particular el caudal de fluido alrededor de cada circuito 16A, 16B o cualquier circuito combinado practicable.

En la realización ilustrada, las válvulas 15A, 15B, 15C son configurables de tal manera que el fluido se puede bombear alrededor de ambos circuitos de fluido 16A, 16B simultáneamente (es decir, cuando las válvulas 15A, 15B y 15C están abiertas), o alrededor de cualquiera de los circuitos 16A, 16B solamente (es decir, cuando la válvula 15A, 15B respectiva está abierta y la otra está cerrada). Se pueden proporcionar una o más válvulas (no mostradas) según se requiera para crear uno o más circuitos de fluido compuesto que comprenden todo o parte de los circuitos de fluido principales 16A, 16B. Una cualquiera o más de las válvulas 15 pueden funcionar controlando el nivel de restricción del flujo de fluido a través de la válvula como medio para controlar el flujo de fluido. Se puede proporcionar una válvula adicional 15D que, cuando está abierta, permite ventilar la presión del fluido desde los depósitos 24A, 24B. Controlando una o más válvulas relevantes, la ventilación de presión se puede efectuar en cualquier ubicación alrededor del circuito o circuitos donde se requiere aliviar la presión o se requiere un punto de baja presión.

El reactor 12 incluye medios de calentamiento 22 para controlar la temperatura del fluido en cada circuito 16. En realizaciones típicas, los medios de calentamiento comprenden uno o más hornos u otros dispositivos de calentamiento. Cada circuito 16 puede tener uno o más dispositivos de calentamiento respectivos, que pueden incorporarse al circuito 16 respectivo o acoplarse operativamente de otro modo al circuito respectivo 16 de cualquier manera convencional. Como alternativa, se pueden proporcionar uno o más dispositivos de calentamiento comunes para más de un circuito de fluido. En la realización ilustrada, se proporciona un horno 22A, 22B respectivo para cada circuito 16A, 16B. Los hornos 22 pueden ser, por ejemplo, hornos químicos o de gas (por ejemplo, un horno de propano o de gas natural) u hornos eléctricos (por ejemplo, un horno de infrarrojos, un horno de tubo eléctrico o un horno de lecho plano) o cualquier otro dispositivo de calentamiento conveniente que incluya un calentador o calentadores eléctricos, un calentador o calentadores de infrarrojos, un calentador o calentadores de gas y/o una lámpara o lámparas de calor (por ejemplo, lámparas de calor de cuarzo o tungsteno). Los medios de calentamiento 22 son controlables para controlar y/o modular la temperatura del fluido en el circuito 16 respectivo y así controlar y/o modular una temperatura de base en la zona de prueba 18.

Preferiblemente, los medios de bombeo 20 y/o los medios de calentamiento 22 están controlados por inversor para proporcionar un control relativamente preciso para permitir la modulación de potencia y ayudar a lograr los puntos de regulación deseados como se describe con más detalle a continuación.

El reactor 12 puede incluir uno o más intercambiadores de calor 26 para mejorar la eficiencia del reactor 12 en particular con respecto a mantener las temperaturas de fluido deseadas en el reactor 12 de manera energéticamente eficiente. El o cada intercambiador de calor puede incorporarse en el o cada circuito de fluido 16A, 16B en, por ejemplo, ubicaciones donde dos o más conductos que transportan fluido están relativamente cerca. Los intercambiadores de calor pueden ser del tipo gas a gas, de gas a líquido o de líquido a líquido, según corresponda.

El reactor 12 incluye al menos una pero preferiblemente una pluralidad de zonas de control 28. Preferiblemente, cada circuito de fluido 16A, 16B incluye al menos una zona de control 28. Cada zona de control 28 puede incorporarse a uno o más circuitos de fluido 16A, 16B en una ubicación respectiva.

Una cualquiera o más de las zonas de control 28 pueden estar equipadas para medir al menos un aspecto del funcionamiento del reactor. Típicamente, cada zona de control 28 puede configurarse para medir una o más características del fluido en la ubicación respectiva en el circuito o circuitos de fluido 16 respectivos en los que está incorporada. Como se describe con más detalle a continuación en el presente documento, cada zona de control 28 puede configurarse para medir una cualquiera o más de las siguientes características del fluido: caudal, temperatura, composición química, presión.

una cualquiera o más de las zonas de control 28 pueden configurarse para controlar una o más características del fluido en el circuito o circuitos de fluido 16 respectivos, por ejemplo, el caudal, temperatura, composición química y/o presión del fluido, y/o desviar el fluido, por ejemplo, a un respiradero o a una de múltiples ramas de circuito seleccionada. Con este fin, cada zona de control 28 puede incluir uno o más dispositivos de control, por ejemplo, una o más válvulas 15, inyectores de fluido 30 o dispositivos de mezcla de fluidos, como se describe con más detalle más adelante en el presente documento. Uno o más de los dispositivos de control respectivos pueden estar ubicados en la zona de control 28 respectiva, en cuyo caso la zona de control 28 controla la característica del fluido relevante directamente en su propia ubicación. Como alternativa, uno o más de los dispositivos de control respectivos pueden ubicarse remotamente desde la zona de control respectiva 28, en cuyo caso la zona de control 28 controla la característica de fluido relevante en una o más ubicaciones en el o los circuitos de fluido remotos desde la propia zona de control 28. En tales casos, se puede decir que la zona de control 28 incluye el dispositivo de control porque controla el funcionamiento del dispositivo de control.

En realizaciones preferidas, una cualquiera o más de las zonas de control 28 pueden configurarse para monitorizar y controlar la introducción de uno o más fluidos, típicamente gases, en el circuito o circuitos de fluido 16 respectivos en que está incorporada. Con este fin, cada una de tales zonas de control 28 controla uno o más inyectores de fluido 30. Cada inyector de fluido 30 puede adoptar cualquier forma convencional, que típicamente comprende una o más válvulas 29 y conductos 31 conectados a una o más fuentes de fluido 32, por ejemplo, un recipiente, un compresor y/o uno o más de los depósitos 24, habitualmente fuentes de fluidos a presión. Cada fuente de fluido 32 puede contener un único fluido o una mezcla de dos fluidos más, dependiendo de la aplicación y las tareas que realiza la zona de control respectiva. Cada inyector de fluido 30 puede funcionar inyectando de forma seleccionable uno o más fluidos en el circuito o circuitos de fluido respectivos a través de una o más entradas de fluido (no mostradas). Convenientemente, la entrada o entradas de fluido están ubicadas en la zona de control 28 respectiva, aunque como alternativa o adicionalmente pueden estar ubicadas en otra parte del circuito o circuitos de fluido. Convenientemente, cada inyector de fluido 30 está ubicado en la zona de control 28 respectiva, aunque como alternativa o adicionalmente pueden estar ubicados en otra parte del circuito o circuitos de fluido. Opcionalmente, se pueden proporcionar uno o más inyectores de

fluido (no mostrados) para inyectar fluido o fluidos en el depósito o depósitos.

En realizaciones típicas, el fluido que circula en el circuito o circuitos puede comprender uno o más de los siguientes: aire, nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapor de agua, propano, propileno, óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) o metano. Las zonas de control u otros puntos de inyección de fluido pueden configurarse para introducir uno o más de estos fluidos según lo requiera la especificación de prueba (incluso al depósito según se requiera). Típicamente, el fluido de circulación comprende un fluido de base al que se añaden uno o más fluidos diferentes, en una o más de las zonas de control según se requiera, para implementar la especificación de prueba para crear una corriente de fluido de circulación combinada. El fluido de base típicamente comprende uno o más gases que contienen oxígeno, por ejemplo, aire, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> o CO<sub>2</sub> y/o nitrógeno y/o vapor de agua. Los fluidos añadidos típicamente incluyen uno o más hidrocarburos, habitualmente hidrocarburos puros, gases, por ejemplo, propano, propileno o metano. La composición del fluido y las concentraciones de sus partes constituyentes pueden variar dependiendo de la prueba que se esté implementando y/o durante el transcurso de la prueba, como se describe con más detalle a continuación en el presente documento.

A modo de ejemplo, una prueba típica podría implicar lo siguiente. Al comienzo de la prueba para retirar el aire del sistema, se puede inyectar un 90 % de N<sub>2</sub> y un 10 % de CO<sub>2</sub> en el reactor 12 hasta que se retire todo el aire (u otro fluido). Una vez a la temperatura de prueba, se inyecta aire y propano o propileno o metano o cualquier combinación de los mismos, según se requiera, en (en este ejemplo) las zonas de control 1 y 2. Al mismo tiempo, se inyecta aire y propano en la zona de control 3. Hay una mezcla de gases de flujo completo que típicamente comprende 0 %-4 % de CO, 500-3000 ppm de HC (hidrocarburo), 0 %-21 % de O<sub>2</sub>, 10-15 % de CO<sub>2</sub>, 5-10 % de vapor de agua y el resto de nitrógeno. Estas pueden ser concentraciones típicas de estado estacionario, pero cada una puede ajustarse individualmente y puede superar el intervalo mostrado o añadir otro tipo de gas, todo dependiendo de la especificación de prueba que se implemente.

Opcionalmente, una cualquiera o más de las zonas de control 28 pueden configurarse para controlar el balance de flujo de fluido en uno o más de los circuitos de fluido 16. El control del balance de fluido típicamente implica la medición del flujo en cada circuito por medio de un dispositivo de medición de flujo tal como una boquilla venturi o una placa de orificio. Las señales indicativas de las mediciones de presión en tiempo real se envían al control maestro donde se realiza un cálculo del caudal másico. Puede haber una muestra de prueba 18 como se muestra en cada circuito. Cada muestra puede tener una geometría diferente con una contrapresión diferente, alterando así la dinámica de flujo. Si el controlador maestro calcula que hay una diferencia en el flujo entre los circuitos, puede efectuar la compensación por los siguientes medios: 1. Ajuste de las rpm de los ventiladores 20a y/o 20b usando los inversores de ventilador; y/o 2. Ajustar el funcionamiento de, por ejemplo, mediante modulación de, una o ambas válvulas de flujo rotativas para aumentar la contrapresión en uno o ambos circuitos para lograr un flujo másico igual a través de las muestras de prueba.

Con el fin de monitorizar las características relevantes del fluido y/o monitorizar la inyección de fluido por el inyector o inyectores de fluido respectivos, cada zona de control 28 puede incluir uno o más sensores, que se representan genéricamente en la Figura 2 como dispositivo o dispositivos de medición 34. Por ejemplo, los sensores pueden incluir una o más instancias de uno cualquiera o más de: un termopar, sensor de temperatura, un dispositivo de medición de flujo de fluido (por ejemplo, un venturi, impulsor, placa de orificio u otro dispositivo de medición de flujo conocido), un controlador de flujo másico (CFM), un transductor de presión, un sensor lambda/O<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>CAN, un transductor de presión, un analizador de gases, un analizador de fluidos, un espectrómetro (por ejemplo, un analizador de FTIR) y/o un analizador de emisiones. Convenientemente, cualquiera de los sensores antes mencionados puede estar ubicado en la zona de control 28 respectiva. Cada zona de control 28 puede, como alternativa o adicionalmente, funcionar conjuntamente con uno o más sensores ubicados remotamente, por ejemplo, uno o más analizadores de emisiones, espectrómetros u otros analizadores de fluidos. En cualquier caso, una o más de las zonas de control 28 pueden realizar análisis de cualquier medición detectada por su sensor o sensores respectivos. Como se describe con más detalle a continuación en el presente documento, esto puede dar como resultado la generación de una o más señales de retroalimentación para su uso por un sistema de control. Como alternativa, o además, se pueden proporcionar una o más salidas de sensor al sistema de control sin análisis.

Una cualquiera o más de las zonas de control 28 puede incluir una o más válvulas 15 para controlar (incluyendo restringir y/o prevenir de manera selectiva) el flujo de fluido en el circuito o circuitos de fluido 16 respectivos, por ejemplo, dentro (a través de una o más entradas), a través (a través de uno o más conductos) y/o fuera (a través de una o más salidas) de la propia zona de control 28.

Se observa que la configuración de cada zona de control 28 no necesita ser la misma, y puede variar dependiendo de qué característica o características del sistema 10 la zona de control 28 respectiva está destinada a controlar y cómo se va a realizar el control.

Con el fin de comunicarse con otros componentes del sistema 10, incluyendo por ejemplo un analizador o analizadores remotos y/o un sistema de control, cada zona de control 28 puede incluir un sistema de



comunicaciones 38, que incluye uno o más dispositivos de comunicación cableados y/o inalámbricos según se requiera.

5 La zona de control 28 típicamente incluye un recinto 40 en que al menos algunos de sus componentes 15, 29, 31, 32, 38 están alojados según sea conveniente. El recinto 40 puede comprender, por ejemplo, una cámara incorporada en el circuito o circuitos 16 respectivos, o una cámara a la que están conectados o pasan los conductos respectivos del circuito o circuitos 16 respectivos, o puede comprender una parte de uno o más conductos que forman el circuito 16 respectivo.

10 El sistema de prueba 10 incluye un sistema de control 14 para controlar el funcionamiento de los componentes del sistema, incluidas las zonas de control 28 (incluido el funcionamiento de los sensores 34 y las válvulas 15, 29 según corresponda), ventiladores 20, hornos 22, dispositivos de agitación/fuerza mecánica y/o un dispositivo o dispositivos para crear un campo eléctrico y/o magnético. El sistema de control 14 típicamente comprende uno o más controladores de hardware, firmware y/o software adecuadamente programados o configurados, por ejemplo, que comprenden uno o más microprocesadores, microcontroladores u otros procesadores adecuadamente programados o configurados, por ejemplo, un procesador IC tal como un ASIC, DSP o FPGA (no ilustrados). El sistema de control 14 es preferiblemente reconfigurable en tiempo real y, por lo tanto, al menos parte del mismo puede implementarse convenientemente mediante un FPGA. El sistema de control 14 puede distribuirse por todo el sistema 10 o proporcionarse en una ubicación central, según sea conveniente.

20 En realizaciones preferidas, el sistema de control 14 comunica información de control a otros componentes del sistema 10, por ejemplo, las zonas de control 28, los ventiladores 20 y/o los hornos 22, con el fin de implementar una prueba, por ejemplo, de acuerdo con regulaciones de prueba (no ilustradas) que pueden proporcionarse al sistema de control 14 por cualquier medio conveniente, por ejemplo, una unidad de interfaz de regulaciones de prueba 51. Las regulaciones de prueba pueden especificar condiciones ambientales de prueba, por ejemplo, en relación con temperatura o temperaturas, composición o composiciones químicas, caudal o caudales, presión o presiones y/o agitación u otras fuerzas mecánicas, eléctricas o magnéticas, a las que el PBP o cada uno de ellos debe exponerse en la zona de prueba 18 respectiva. El sistema de control 14 también puede recibir información de retroalimentación de otros componentes del sistema 10, por ejemplo, las zonas de control 28 y/o los hornos 22, en respuesta a lo cual el sistema de control 14 puede emitir información de control adicional a uno o más componentes relevantes del sistema. Con este fin, el sistema de control 14 puede realizar análisis de las mediciones u otra información proporcionada por las zonas de control 28. Este análisis puede llevarse a cabo automáticamente en tiempo real por el sistema de control 14. Como alternativa, o además, un operador puede hacer el análisis de las mediciones y el rendimiento del sistema en tiempo real o fuera de línea. El operador puede hacer ajustes en el funcionamiento del sistema 10 proporcionando instrucciones de control a través de la unidad de interfaz 51.

El sistema de control 14 puede comprender un controlador maestro 52 y una pluralidad de subcontroladores 54. En la realización ilustrada, los subcontroladores 54 incluyen uno o más controladores primarios 54A y uno o más controladores de zona 54B. Los controladores primarios 54A controlan el funcionamiento de los ventiladores 20 y los hornos 22, y/u otros componentes del sistema tales como dispositivos de agitación/fuerza mecánica y/o un dispositivo o dispositivos para crear campos eléctricos y/o magnéticos. Puede proporcionarse un controlador primario respectivo para cada ventilador 20 y/o para cada horno 22 y/u otro componente respectivo del sistema. Los controladores de zona 54B controlan el funcionamiento de las zonas de control 28. Puede proporcionarse un controlador de zona 54B respectivo para cada zona de control 28. Bajo el control del controlador maestro 52, los controladores primarios 54A y los controladores de zona 54B pueden enviar señales de control y recibir señales de retroalimentación desde el ventilador, horno o zona de control respectivo. Los controladores primarios 54A y los controladores de zona 54B proporcionan señales de retroalimentación al controlador maestro 52 basándose en la retroalimentación recibida desde el ventilador, horno o zona de control respectivo. Los subcontroladores 54 también pueden incluir uno o más controladores de seguridad 56, que pueden recibir señales de alarma desde uno o más sensores de alarma 58, por ejemplo, sensores de gas o detectores de fugas o parada de emergencia, que pueden incluirse en el sistema, y proporcionar información de alarma al controlador maestro 52 basándose en las señales de alarma recibidas desde los sensores de alarma 58. Se entenderá que el controlador maestro 52 y los subcontroladores 54 pueden implementarse de cualquier manera conveniente, por ejemplo, como uno o más componentes de hardware, firmware y/o software separados del sistema de control general 14.

En realizaciones preferidas, el sistema de control 14, y más particularmente el controlador maestro 52, está configurado para implementar lógica de modelización del sistema, por ejemplo, soportando software o firmware de modelización matemática 60, para permitir que el sistema de control 14 modele matemáticamente el comportamiento del sistema 10, y en particular del reactor 12, dependiendo de las regulaciones de prueba y/o de las señales de retroalimentación recibidas de uno o más componentes del sistema durante el funcionamiento del sistema 10.

65 Preferiblemente, el sistema de control 14 está configurado para implementar un Control Predictivo por Modelo (CPM). Utilizando CPM, el sistema de control 14 ocasiona que la acción de control de las zonas de control 28

se ajuste antes de que realmente se produzca la desviación correspondiente de un punto de regulación relevante. Esta capacidad predictiva, cuando se combina con el funcionamiento de retroalimentación tradicional, permite que el sistema de control 14 haga ajustes que son más suaves y más cercanos a los valores de acción de control óptimos que los que se obtendrían de otro modo. Se puede escribir un modelo de control para el sistema 10 en Matlab, Simulink o Labview a modo de ejemplo y ejecutarlo mediante el controlador maestro 52. Ventajosamente, el CPM puede manejar sistemas MIMO (múltiples entradas, múltiples salidas).

Como alternativa, el sistema de control 14 puede configurarse para implementar una red neuronal artificial (RNA). Convenientemente, el controlador maestro 52 puede configurarse para implementar la RNA. A modo de ejemplo, la RNA puede comprender una red neuronal artificial de alimentación directa de múltiples capas, preferiblemente con neuronas polarizadas. En uso, al menos un modelo de red neuronal se entrena usando datos de entrada recibidos de cualquier parte relevante del sistema 10 mediante al menos un algoritmo de aprendizaje (y típicamente una o más funciones de coste) para producir una o más salidas (por ejemplo, una o más puntos de regulación) para controlar partes relevantes del sistema 10. La RNA puede, por ejemplo, entrenarse usando un algoritmo de retropropagación, preferiblemente con tasa de aprendizaje automática, término de momento y/o normalización de datos. En uso, el sistema de control basado en RNA 14, o más particularmente el controlador maestro 52, proporciona a cada zona de control 28 y/o cada controlador primario 54A (según corresponda) un punto de regulación para cada parámetro que monitoriza y también recibe datos de retroalimentación desde la zona 28 y/o controladores primarios 54A (según corresponda). La RNA permite que el sistema de control 14/controlador maestro 52 cambie los puntos de regulación según se requiera, como lo determina el algoritmo de autoaprendizaje de la RNA. Los controladores primarios 54A y los controladores de zona 54B monitorizan los parámetros respectivos y pueden iniciar una acción de control según se requiera. Opcionalmente, los controladores primarios 54A y/o los controladores de zona 54B pueden configurarse para implementar una RNA respectiva (localizada) (que puede estar cambiando constantemente) para realizar la acción de control relevante.

El sistema de control basado en RNA 14 modeliza matemáticamente el reactor 12 usando al menos un modelo de red neuronal que está entrenado por el comportamiento del reactor 12. El sistema de control 14 basado en RNA preferido funciona sobre la base del reconocimiento de patrones y la teoría del aprendizaje computacional en inteligencia artificial. Construye algoritmos y hace predicciones para controlar las zonas 28 respectivas basándose en datos recopilados de entradas del sistema y datos históricos. El sistema de control 14 basado en RNA preferido proporciona la capacidad de aislar, contrarrestar y controlar cada uno de los parámetros de control en tiempo real.

A modo de ejemplo, el sistema de control basado en RNA 14 puede tomar como entrada uno o más perfiles de parámetros (por ejemplo, perfil de O<sub>2</sub> u otro perfil de fluido) que se desea que sean suministrados en una ubicación respectiva en el reactor 12, por ejemplo, en una entrada a una zona de prueba 18. El perfil de entrada se puede obtener a partir de una especificación de prueba. La entrada también puede incluir uno o más perfiles de fluido medidos y/o suministrados (por ejemplo, O<sub>2</sub>), u otros perfiles de parámetros, según lo proporcionado por uno o más sensores 34 (por ejemplo, un CFM) (que pueden estar relacionados con una o más zonas de control o una o más zonas de prueba según corresponda). La entrada puede comprender además datos históricos (por ejemplo, relacionados con perfiles de fluidos medidos y/o suministrados y/o acciones de control) mantenidos por el sistema de control 14 para uso de la RNA. Usando la RNA, el sistema de control 14 produce como salida uno o más perfiles de parámetros (por ejemplo, perfil de O<sub>2</sub> u otro perfil de fluido) que se suministran en una ubicación respectiva en el reactor 12, por ejemplo, en una entrada a una zona de prueba 18, y/o información de control correspondiente para lograr el perfil o perfiles calculados. Los datos de salida se añaden a los datos históricos según corresponda y se usan para actualizar la RNA.

Típicamente, el controlador maestro 52 recibe datos de entrada que definen la especificación de prueba a implementar y predice el comportamiento, con respecto a al menos un parámetro del fluido en el reactor, del fluido aplicando la especificación de prueba a uno o más modelos matemáticos del reactor (que pueden comprender un modelo matemático usado para implementar el Control Predictivo por Modelo (CPM), o un modelo de red neuronal entrenado, según corresponda). El controlador 52 calcula información de control para las zonas de control basándose en el comportamiento previsto del fluido y comunica la información de control relevante a las zonas de control relevantes.

En realizaciones preferidas, los parámetros del fluido con respecto a los cuales se realizan predicciones y se calcula la información de control comprenden un parámetro de composición del fluido que indica la composición química del fluido, un parámetro de temperatura que indica la temperatura del fluido y un parámetro de caudal que indica el caudal del fluido. La composición química puede comprender qué fluido o fluidos están presentes en la mezcla de fluidos general en el reactor y/o las concentraciones relativas de los fluidos que están presentes. Usando la especificación de prueba y el modelo matemático, el controlador 52 calcula uno o más efectos secundarios u otras interacciones entre uno cualquiera o más de la composición, temperatura y caudal de dicho fluido que, según el modelo, serían el resultado de la implementación de uno o más aspectos de la especificación de prueba. Tales efectos secundarios pueden ser el resultado de una interacción prevista entre dos o más de la composición del fluido, la temperatura del fluido y el caudal del fluido estipulados en la

especificación de prueba. Luego, el controlador 52 genera la información de control para las zonas de control basándose en el comportamiento previsto del sistema. La información de control tiene en cuenta cualquier efecto secundario previsto u otras interacciones previstas, incluyendo opcionalmente información de control para hacer que una o más zonas de control adopten medidas que neutralicen o al menos mitiguen los efectos secundarios previstos u otras interacciones previstas. La información de control se comunica luego a las zonas de control relevantes.

En realizaciones preferidas, el controlador 52 está configurado para predecir el comportamiento, con respecto al o cada parámetro de fluido relevante del fluido en una o más ubicaciones en el circuito de fluido usando la información de control y/o la especificación de prueba, y el modelo matemático del reactor, para calcular información de control adicional basándose en el comportamiento previsto del fluido; y comunicar la información de control adicional a la o cada una de las zonas de control relevantes. Convenientemente, el controlador 52 envía la información de control adicional a una o más zonas de control asociadas con la o cada ubicación, habitualmente además de enviar información de control a una o más zonas de control asociadas con una o más ubicaciones en el circuito o circuitos de fluido. De este modo, el controlador 52 puede ocasionar que una o más zonas de control asociadas con ubicaciones específicas en el circuito de fluido tomen medidas para neutralizar, mitigar o tener en cuenta de otro modo los efectos previstos que la implementación de la especificación de prueba tendrá en uno o más ubicaciones específicas en el circuito. Este aspecto del control se puede realizar con respecto a uno cualquiera o más de los parámetros del fluido.

La naturaleza predictiva basada en modelo del control facilita el suministro controlado con precisión de una cantidad o cantidades conocidas de un gas o gases en un momento y ubicación conocidos en el circuito de fluido con una concentración conocida y una temperatura conocida con niveles conocidos muy altos de repetibilidad, precisión y estabilidad, lo que permite valorar y comparar el rendimiento y determinar la capacidad del sistema de medición para un amplio intervalo de sensores y sistemas de medición en un amplio intervalo de condiciones operativas.

En realizaciones preferidas, el sistema de control 14 incluye un optimizador 62 para realizar la optimización al generar información de control, por ejemplo, puntos de regulación, para la comunicación con las zonas de control 28 y otros componentes del sistema. Dada una transformación entre los valores de entrada y salida, descrita por una función matemática, la optimización implica generar y seleccionar una mejor solución de un conjunto de alternativas disponibles eligiendo sistemáticamente valores de entrada dentro de un conjunto permitido, calculando la salida de la función y registrando los mejores valores de salida encontrados durante el proceso. El optimizador 62 puede crearse en Matlab, Simulink o Labview, por ejemplo, y procesarse mediante el controlador maestro 52.

Con el fin de comunicarse con otros componentes del sistema 10, cualquier componente del sistema, incluidas las zonas de control 28, ventiladores 20, hornos 20, dispositivos de agitación/fuerza mecánica y dispositivos o dispositivos para crear campos eléctricos y/o magnéticos, se proporciona con cualquier dispositivo de comunicación conveniente cableado y/o inalámbrico según se requiera. Los componentes del sistema, incluyendo las zonas de control 28, ventiladores 20, hornos, dispositivos de agitación/fuerza mecánica y/o dispositivo o dispositivos para crear campos eléctricos y/o magnéticos, responden a las señales recibidas desde el sistema de control 14 para realizar una o más operaciones correspondientes y/o modificar la realización de una o más operaciones, como se describe con más detalle a continuación en el presente documento.

Típicamente, el sistema de control 14 proporciona a uno o más de otros componentes del sistema, incluidas las zonas de control 28, ventiladores 20, hornos 22, dispositivos de agitación/fuerza mecánica y/o dispositivo o dispositivos para crear campos eléctricos y/o magnéticos, uno o más puntos de regulación, cada uno de los cuales indica un valor deseado de uno o más parámetros relacionados con el funcionamiento del componente del sistema respectivo. Por ejemplo, el parámetro puede estar relacionado con las características del fluido: balance de flujo, caudal, temperatura, composición química, presión, o puede estar relacionado con la agitación u otras fuerzas mecánicas, eléctricas o magnéticas, y/o con la velocidad del ventilador o la temperatura del horno. Los puntos de regulación pueden obtenerse o derivarse de las regulaciones de prueba y/o pueden ser calculados por el sistema de control 14 basándose en señales de retroalimentación recibidas de uno o más componentes del sistema, incluidas las zonas de control 28, ventiladores 20, hornos 22, dispositivos de agitación/fuerza mecánica y/o dispositivo o dispositivos para crear un campo eléctrico y/o magnético. El controlador del sistema maestro también puede controlar las condiciones de prueba ambientales (tales como la temperatura ambiente (incluidas las aplicaciones bajo cero), la altitud, la humedad y el caudal, etc. a través del PBP) para el PBP, pero estos sistemas pueden controlarse como alternativa de forma independiente con controladores locales. En las realizaciones preferidas, lo anterior se implementa mediante el controlador maestro 52 del sistema junto con los controladores primarios 54A y los controladores de zona 54B, según corresponda.

En realizaciones preferidas, el controlador del sistema maestro 52 puede denominarse un sistema de control y monitorización reconfigurable en tiempo real, y puede comprender un FPGA programable por el usuario,

ventajosamente con hardware personalizado para control de alta velocidad, procesamiento de datos en línea e instalaciones de control complejo de sincronización y activación.

5 En el funcionamiento típico de la realización preferida, el controlador del sistema maestro 52 toma una visión general del sistema 10, incluidos los subcontroladores 54. El controlador maestro 52 proporciona a cada controlador de zona 54B y controlador primario 54A un punto de regulación respectivo para el, o cada, parámetro que monitoriza, y ventajosamente también recibe señales de retroalimentación desde la zona 54B y los controladores primarios 54B, lo que le permite cambiar los puntos de regulación según se requiera. Ventajosamente, el cálculo de los puntos de regulación en respuesta a las señales de retroalimentación se realiza mediante el software de modelización 60, opcionalmente junto con las regulaciones de prueba, según corresponda). Los controladores primario y de zona 54A, 54B monitorizan su parámetro o parámetros respectivos monitorizando el funcionamiento del componente respectivo del sistema (por ejemplo, horno 22, ventilador 22 o zona de control 28), y pueden iniciar una acción de control si se observa una desviación del punto de regulación respectivo. La acción de control puede implicar ajustar el funcionamiento del componente respectivo del sistema, por ejemplo, cambiar la velocidad de un ventilador 20, cambiar el calor de un horno 22 o ajustar la cantidad, tasa y/o composición de un fluido o fluidos que se inyecta o inyectan en el sistema en una zona de control 28. Como tales, los controladores de zona 54B respectivos pueden proporcionar todo o parte del sistema de control 36 respectivo de la zona de control 36 respectiva, y pueden estar ubicados en la zona de control 28 respectiva o de forma remota desde ella.

20 En realizaciones preferidas, el sistema 10 monitoriza continuamente y, según sea necesario, controla una o más características del fluido que fluye en el circuito o circuitos de fluido de recirculación 16, incluyendo ventajosamente las características la composición química del fluido. Esto se logra mediante el control integrado de los gases de abastecimiento (u otros fluidos), en particular en las zonas de control 28, y mediante el control de las reacciones químicas (primarias y secundarias) de los fluidos (típicamente gases), y de la temperatura del fluido y los caudales a una o más ubicaciones en el circuito o circuitos de fluido, típicamente en una o más de las zonas de control 28. En realizaciones preferidas, el sistema 10 es capaz de aislar, contrarrestar y controlar reacciones químicas en condiciones de alto flujo y alta temperatura.

30 En realizaciones preferidas, cada zona de control 28 puede funcionar monitorizando y controlando uno cualquiera o más de los siguientes parámetros del sistema: caudal de fluido; balance del flujo de fluidos; suministro de fluido de abastecimiento al circuito o circuitos de fluido 16 respectivos; composición del fluido (por ejemplo, del fluido que se inyecta en uno o más puntos de inyección respectivos y/o del fluido que fluye en el circuito de fluido en la zona de control respectiva); temperatura del fluido (por ejemplo, del fluido que se inyecta en uno o más puntos de inyección respectivos y/o del fluido que fluye en el circuito de fluido en la zona de control respectiva); distribución de flujo de fluidos y mezclas.

40 El control del caudal del sistema (y opcionalmente del balance de flujo entre circuitos de fluido) del fluido que fluye a través de las zonas de prueba 18 se puede lograr mediante uno cualquiera o más de (i) controlando los medios de bombeo 20 (por ejemplo, conjunto o conjuntos de ventilador/motor de aire), preferiblemente mediante control inversor, (ii) combinando el flujo de fluido desde múltiples depósitos 24A, 24B y/o circuitos de fluido 16A, 16B, y (iii) controlando las válvulas 15 (por ejemplo, entre estados completamente abiertos y completamente cerrados o uno o más estados parcialmente abiertos que restringen el flujo de fluido en diferentes cantidades). En realizaciones preferidas, el control del ventilador 20 u otros medios de bombeo lo realiza el controlador primario 54A respectivo. Una o más de las zonas de control 28 pueden incluir o pueden controlar de otro modo una o más válvulas 15 mediante las cuales se pueden implementar los métodos de control de flujo (ii) y (iii).

50 Con respecto al balance de flujo, puede ser deseable durante la prueba crear un flujo de fluido sustancialmente igual (por ejemplo, en términos de caudal, presión y/o composición) a través de múltiples muestras de prueba (PBP) ubicadas en diferentes zonas de prueba 18. Lograr esto implica el control y la modulación (por ejemplo, controlar el ángulo de la válvula de control rotativa para controlar la contrapresión y, por tanto, los caudales de cada circuito) de una o más válvulas 15 que pueden funcionar conectando o aislando selectivamente dos o más circuitos de fluido 16 respectivos y/o restringiendo de manera ajustable el flujo de fluido entre dos o más circuitos de fluido 16 respectivos. Preferiblemente, las válvulas 15 son válvulas de control rotativas. Convenientemente, una o más de las zonas de control 28 controlan el funcionamiento de una o más válvulas 15 respectivas con fines de control del balance de flujo. El control del balance de flujo también puede verse favorecido por el uso de simetría en el diseño del reactor (en particular del circuito de fluido) y, si es necesario, el uso de obstrucción del flujo para equilibrar la contrapresión.

60 Es deseable poder controlar con precisión el abastecimiento de fluido o fluidos al circuito o circuitos de fluido 16, en particular la cantidad de fluido que se suministra y el momento del suministro. Con este fin, una o más de las zonas de control 28 pueden incluir uno o más de los inyectores de fluido 30. Preferiblemente, los inyectores de fluido 30 comprenden un controlador de flujo másico (CFM) para facilitar un control rápido y preciso del suministro de fluido junto con la válvula 29, que puede ser una válvula solenoide. Por ello, el inyector de fluido preferido 30 es capaz de suministrar fluido al circuito o circuitos de fluido 16 respectivos a una

velocidad relativamente alta, permitiendo así que se inyecte cualquier fluido o fluidos adicionales en el sistema con cualquier perfil de suministro deseado con el tiempo. Ventajosamente, el CFM permite que la zona de control 28, y por lo tanto el sistema de control 14, determine, en particular medida, el perfil de fluido que realmente se suministra al sistema 10 y esto facilita determinar y actuar para corregir errores en el control de retroalimentación implementado por el sistema de control 14.

Las concentraciones de composición de gas individual en una zona de control 28, o en cualquier otro lugar del circuito o circuitos de fluido, pueden manipularse de una cualquiera o más de los siguientes modos:

- 10 A. Uso del inyector o inyectores de fluido 30 respectivos. Ventajosamente, esto permite añadir fluido al circuito o circuitos de fluido 16 respectivos, habitualmente en la ubicación de la zona de control 28 respectiva, con un perfil de suministro controlado con el tiempo. Esto se ve facilitado por el uso preferido de controladores de flujo másico. En realizaciones preferidas, la inyección de fluido o fluidos de este modo implica la inyección de concentraciones de gas conocidas calibradas en un sistema cerrado de un volumen fijo conocido, es decir, el
- 15 circuito o circuitos de fluido 16 respectivos. El volumen puede cambiar si cambia la configuración del circuito o circuitos, pero puede considerarse conocido en cualquier período de tiempo entre reconfiguraciones. Cabe señalar que el fluido inyectado por cualquier inyector de fluido 30 dado puede ser un gas o líquido puro, o una mezcla de dos o más gases o líquidos, y que cualquier zona de control 28 dada puede tener control de uno o más de dichos inyectores de fluido 30.
- 20 B. La separación/derivación, el almacenamiento y/o la liberación en tiempos precisos es otro modo clave de controlar la composición y/o concentración de fluido. Por ejemplo, si hay una cantidad indeseable, o "lote" de mezcla de gas presente en el circuito, el sistema puede garantizar que no llegue a la muestra de ensayo mediante una cualquiera o más de las siguientes técnicas: 1. Separación/derivación - esto implica desviar,
- 25 controlando una o más válvulas relevantes, el lote lejos de la muestra enviándolo por otra tubería (véase la Figura 5 que muestra una tubería de derivación para este fin) y posiblemente de vuelta al depósito para dilución o a otra zona de control para neutralización; 2. Almacenamiento - almacenando un lote indeseable de gas/fluido en un depósito hasta que se pueda poner en proceso. 3. Liberación - esto implica la evacuación del lote indeseable de mezcla de gas sincronizando de manera precisa su liberación del circuito al respiradero mediante
- 30 el uso de una o más válvulas controladas por el controlador maestro (la evacuación se logra típicamente creando un punto de baja presión en el reactor). Puede ser deseable mantener el lote de gas en movimiento a través de tuberías con un área de sección transversal baja para desfavorecer la difusión. También permite que la neutralización en un catalizador del sistema (que puede proporcionarse en una zona de control adecuada o incluirse en otro lugar del circuito de fluido según se requiera), u otra zona de control de neutralización, ocurra
- 35 de una forma más controlada. Con el fin de ayudar a la liberación, se pueden usar válvulas de una vía para garantizar que el flujo solo vaya en una dirección, y proporcionar medios para controlar gradientes de presión alrededor del sistema en una situación "sin flujo".
- C. Ocasionar y/o controlar reacciones químicas para producir un nuevo fluido o fluidos, en particular gas o
- 40 gases, en el circuito o circuitos de fluido 16. Se pueden crear cantidades de fluidos, especialmente gases, en concentraciones deseadas en una o más ubicaciones en el circuito o circuitos de fluido 16 usando cualquier método conveniente, incluyendo uno o más de: proporcionar uno o más catalizadores del sistema, ocasionando uno o más de reacción química espontánea, aumento controlado del área superficial de reactivos o concentraciones de fluidos, provisión de una o más enzimas, manipulación de temperatura, manipulación de
- 45 presión, provisión de radiación electromagnética, provisión de luz UV. Uno o más de estos métodos pueden implementarse en una cualquiera o más ubicaciones en el circuito o circuitos de fluido 16, por ejemplo, en una o más de las zonas de control 28. Cualquier dispositivo necesario para implementar los métodos (por ejemplo, fuente de luz UV u otra fuente de radiación EM, calentador, dispositivo de presión) puede proporcionarse en una o más ubicaciones apropiadas en el circuito o circuitos de fluido 16, por ejemplo, como parte de una o más
- 50 de las zonas de control 28, y puede ser controlado por el sistema de control 14 como parte de una zona de control 28. Se entenderá que algunos de los métodos anteriores pueden implementarse inyectando uno o más fluidos, por ejemplo, reactivos apropiados, en el circuito o circuitos de fluido 16 en una ubicación deseada y con un perfil de suministro deseado (cantidad y sincronización).
- 55 D. Neutralización de cantidades de mezcla de gas (u otro fluido) no deseada en el circuito o circuitos de fluido 16. Esto puede implicar proporcionar uno o más catalizadores del sistema en una o más ubicaciones en el circuito o circuitos de fluido, por ejemplo, en una o más de las zonas de control 28, y ocasionar que uno o más de los inyectores de fluido 30 inyecten uno o más reactivos neutralizadores apropiados en el punto de inyección relevante con un perfil de suministro deseado (cantidad y sincronización)
- 60 E. La provisión de uno o más filtros de fluido, por ejemplo, filtros de membrana, en el circuito o circuitos de fluido 16 para reducir o retirar concentraciones de gas/fluido mediante difusión o mediante medios hidrodinámicos.
- 65 La temperatura en la zona de control 28 se puede controlar de uno cualquiera o más de los siguientes modos: (i) controlando el funcionamiento del, o cada, horno 22 (u otros calentadores), en particular mediante un control

preciso y estable de la potencia suministrada por el horno u hornos. Cada horno se puede regular de manera diferente para crear la temperatura deseada; (ii) controlando las concentraciones de gas/fluido y/o mezclando para promover reacciones exotérmicas o endotérmicas que afectan la temperatura. Esto se puede lograr usando los inyectores de fluido 30 respectivos; (iii) proporcionando uno o más dispositivos auxiliares de calentamiento o enfriamiento y/o implementando métodos de recuperación del calor residual.

Con el fin de la distribución de flujo y mezcla, se prefiere suministrar fluidos, en particular gases, al circuito o circuitos de fluido 16 a través de una entrada (no mostrada) que tiene una pluralidad de aberturas a través de las cuales fluye el fluido simultáneamente, que comprenden, por ejemplo, una malla, una retícula o una rejilla. El tamaño y la separación de las aberturas afectan el mezclado y distribución del fluido inyectado con el fluido ya presente en el circuito de fluido, lo que a su vez puede afectar cualquier reacción química que pueda ocurrir tras la inyección del fluido. Por ejemplo, una densidad relativamente alta de aberturas relativamente pequeñas promueve una pulverización de inyección de fluido relativamente fina que da como resultado una mezcla homogénea relativamente alta con el flujo de fluido principal. Esto es ventajoso cuando se desea crear y fomentar reacciones químicas localizadas en o cerca del punto de inyección de fluido. Por el contrario, una densidad relativamente baja de aberturas reduce y retarda las reacciones químicas. Por ello, en cualquier punto de inyección de fluido (por ejemplo, del inyector o inyectores de fluido 30 de cualquier zona de control 28) se puede seleccionar el tamaño y la separación de las aberturas de entrada para suministrar la característica de mezclado deseada. Por lo tanto, el tamaño de abertura y el espaciado seleccionados pueden diferir de un punto de inyección a otro. Convenientemente, la entrada de la abertura puede proporcionarse como parte del conducto u otra estructura a partir de la cual se forma la zona de control relevante u otra parte del circuito de fluido. Los inyectores de fluido 30 pueden disponerse de manera que el fluido se inyecte sustancialmente perpendicular al flujo de fluido principal en la parte respectiva del circuito de fluido o zona de control respectiva. El ángulo de inyección se puede cambiar para promover o desfavorecer las tasas de reacción.

Resultará evidente que las medidas de control efectuadas en las zonas de control 28 tienen un efecto sobre las condiciones ambientales en las zonas de prueba 18.

En la Figura 2, la zona de control 28 se muestra con los elementos Analizar A, Control C, Modelo de sistema P y Optimizador O. Estos representan el análisis, modelización, optimización y control realizados por el sistema de control 14 (para la realización de CPM) con respecto a la zona de control 28 y no necesariamente representan componentes de la propia zona de control.

Opcionalmente, se pueden proporcionar uno o más circuitos de fluido primario 16 para someter los PBP a condiciones de prueba, y se pueden proporcionar uno o más circuitos de flujo de fluido secundarios (no mostrados) como soporte para el funcionamiento del circuito o circuitos de fluido primarios. El circuito o circuitos secundarios pueden usarse, por ejemplo, para uno cualquiera o más de: 1. Aislar o limpiar el circuito o circuitos primarios de contaminantes; 2. Crear gases/fluidos de reacción para el circuito o circuitos primarios; 3. Crear gases de reacción secundarios con concentraciones de gas conocidas (por ejemplo, que se pueden almacenar en un depósito o en tuberías y que el sistema de control suministra al circuito o circuitos primarios cuando se requiera). Se pueden proporcionar una o más válvulas (ahora mostradas) para conectar y desconectar los circuitos primario y secundario, bajo el control del sistema de control 14.

Opcionalmente, se pueden añadir uno o más contaminantes, por ejemplo, venenos, que pueden estar en forma sólida, líquida o gaseosa, al circuito o circuitos de fluido 16 bajo el control del sistema de control 14. Los contaminantes se pueden añadir en cualquier ubicación deseada en el circuito o circuitos, convenientemente en una zona de control 28 o en una zona de prueba 18. Con este fin se puede usar un inyector de fluido 30 u otro dispositivo de inyección. Cuando el contaminante es sólido, puede disolverse en un disolvente y, si se requiere, vaporizarse antes de entrar en la zona de prueba 18 u otra ubicación del circuito.

Resultará evidente de lo anterior que la invención puede plasmarse como un equipo de prueba que reproduce condiciones controladas de alta temperatura, alto flujo y composición química cambiante de una manera altamente eficiente en energía y repetible. El sistema preferido puede medir y registrar datos del sistema en tiempo real para garantizar un registro preciso de las condiciones y probar la respuesta de la muestra. Los sistemas que plasman la invención se pueden usar para una o más de las siguientes aplicaciones: simulaciones del mundo real para evaluaciones comparativas de productos; determinación de la vida útil de componentes de alta temperatura y alto flujo; como herramienta de desarrollo de materiales, componentes, lubricantes y combustibles; como herramienta de durabilidad/envejecimiento; como herramienta experimental para desarrollar la comprensión sobre el comportamiento de materiales, compuestos y recubrimientos de productos a alta temperatura con el tiempo; como herramienta de simulación para desarrollar y probar algoritmos y modelos que caractericen el rendimiento de la muestra/sistema de prueba.

En realizaciones típicas, las zonas de control 28 más complicadas son aquellas justo antes, es decir, inmediatamente aguas arriba, de la zona o zonas de prueba 18. Típicamente, estas zonas de control 28 tienen múltiples entradas de fluido y múltiples ubicaciones de medición y/o sensores de medición 34.

- En realizaciones preferidas, se proporciona una zona de control 28 respectiva aguas arriba, preferiblemente inmediatamente aguas arriba, de cada zona de prueba 18. Se prefiere que se proporcione una zona de control 28 respectiva en la salida, es decir, aguas abajo, preferiblemente inmediatamente aguas abajo, de cada horno 22. Opcionalmente, según la realización ilustrada, se proporciona una zona de control 28 entre un horno y una zona de prueba 18 de modo que esté aguas arriba, preferiblemente inmediatamente aguas arriba, de la zona de prueba 18 y aguas abajo, preferiblemente inmediatamente aguas abajo del horno.
- En realizaciones preferidas, se proporciona una zona de control 28 respectiva aguas arriba, preferiblemente inmediatamente aguas arriba, de cada intercambiador de calor.
- Preferiblemente, se proporciona una zona de control 28 respectiva entre cada depósito 24 y la entrada al horno 22 respectivo, es decir, por aguas abajo del depósito y aguas arriba del horno.
- En la práctica, el número y ubicación de las zonas de control depende de las pruebas que llevar a cabo por el sistema. Por lo tanto, puede haber más o menos de las ilustradas en la Figura 1. Las zonas de control pueden ubicarse en cualquier lugar del circuito o circuitos de fluido, aunque la ubicación puede depender del propósito de la zona de control, por ejemplo, promover reacciones químicas o lograr condiciones de prueba específicas en otra ubicación del sistema.
- Típicamente, las zonas de control que están equipadas para inyectar fluido en el circuito o circuitos 16 están ubicadas (o al menos su inyector o inyectores de fluido están ubicados) ya sea antes (por ejemplo, en la entrada) de un horno 22, después (por ejemplo, en la salida) de un horno, o antes (por ejemplo, en la entrada) del intercambiador de calor.
- En la realización ilustrada en la Figura 1, las zonas de control 1, 2, 6 y 7 pueden estar equipada cada una para realizar todas las funciones de monitorización y control: caudal de fluido; balance de flujo de fluidos; suministro de fluido de abastecimiento al circuito o circuitos de fluido 16 respectivos; composición del fluido (por ejemplo, del fluido que se inyecta en uno o más puntos de inyección respectivos y/o del fluido que fluye en el circuito de fluido en la zona de control respectiva); temperatura del fluido (por ejemplo, del fluido que se inyecta en uno o más puntos de inyección respectivos y/o del fluido que fluye en el circuito de fluido en la zona de control respectiva); distribución del flujo de fluidos y mezclas. Sin embargo, estas zonas de control no necesariamente realizan la misma función dentro del sistema 10. Por ejemplo, el sistema de control 14 puede usar las zonas de control 1 y 2 para lograr condiciones de prueba específicas en la zona de prueba 18 respectiva, mientras que las zonas de control 6 y 7 pueden usarse para acondicionar o limpiar el fluido en el circuito de fluido. La zona de control 3 también puede equiparse y usarse de manera similar para realizar una función de acondicionamiento/limpieza de fluido. La zona de control 4 puede usarse sólo para realizar una función de verificación de fluido y, por lo tanto, puede estar equipada para monitorizar (y opcionalmente controlar) el balance del flujo de fluido y la temperatura. La zona de control 5 puede usarse y equiparse para monitorizar (y opcionalmente controlar) el balance del flujo de fluido, el caudal y la temperatura.
- Cabe señalar que además de los componentes del sistema de control 14 ya descritos, algunos componentes del sistema, por ejemplo, válvulas independientes, dispositivos de control o actuadores, pueden tener su propio controlador (por ejemplo, procesador) para controlar su funcionamiento. Un ejemplo específico de esto sería el CFM que se usa preferiblemente para medir y controlar la inyección de líquidos y gases.
- Resultará evidente a partir de lo anterior que, en realizaciones preferidas, cada una de las zonas de control 28 funciona controlando una o más características del fluido respectivo de acuerdo con un punto de regulación respectivo, determinado por el controlador maestro 52. El controlador maestro 52 monitoriza el rendimiento de todas las zonas de control 28 y por lo tanto puede analizar el comportamiento general del sistema, permitiéndole determinar acciones de control para cada zona de control de manera integrada, preferiblemente prediciendo el comportamiento futuro del sistema 10 basándose en señales de retroalimentación presentes recibidas desde las zonas de control 28. Ventajosamente, el controlador maestro 52 tiene la capacidad de anticipar y predecir condiciones en múltiples ubicaciones del sistema 10 en cualquier momento dado, tener en cuenta eso ajustando los puntos de regulación y ocasionar que las zonas de control 28 respectivas implementen las acciones de control respectivas de manera coordinada, es decir, ocasionar que las acciones de control deseadas tengan lugar en la ubicación o ubicaciones deseadas y en el momento o momentos deseados en el circuito o circuitos de fluido 16. El sistema de control 14 puede realizar continuamente acciones de control y correcciones a medida que el fluido se mueve alrededor del circuito o circuitos de fluido 16. La especificación de la mezcla de fluido deseada, el caudal y la temperatura pueden cambiar con el tiempo en cada zona de control según lo determine el controlador maestro 52 en respuesta a las regulaciones de prueba y/o la retroalimentación recibida de las zonas de control 28.
- La Figura 3 muestra un ejemplo de la interacción entre el controlador maestro 52 y las Zonas de Control 1 y 3, suponiendo a modo de ejemplo que las Zonas de Control 1 y 3 incluyen un CFM respectivo para controlar la inyección de un fluido en el circuito de fluido 16A y que se desea inyectar una cantidad específica de fluido de acuerdo con un punto de regulación. En 301, el controlador maestro 52 calcula el punto de regulación

basándose en las regulaciones de prueba, y se comunica a la zona de control 1, en particular al CFM del inyector de fluido relevante 30. En 302, el CFM recibe el punto de regulación e intenta implementar la inyección especificada intentando alcanzar el punto de regulación y estabilizarse a alta velocidad. En 303, el CFM mide el suministro de fluido real y envía esta información al controlador maestro 52. En 304, el controlador maestro 52 mide el error entre el punto de regulación y el suministro real, calcula un nuevo punto de regulación, típicamente basándose en múltiples puntos de datos para el CFM de la zona de control 1 y posiblemente el CFM de una o más zonas de control diferentes, por ejemplo, la Zona de control 3, y envía los puntos de regulación relevantes a las zonas de control respectivas para una implementación coordinada. En 305, el CFM de la Zona de Control 1 puede estar iniciando una reacción química basal en la muestra de prueba en la zona de prueba 18A, mientras que el CFM de la Zona de Control 3 puede estar actuando para contrarrestar los productos de esa reacción y/o neutralizándolos promoviendo una segunda reacción. En 306, el error se minimiza dejando un conjunto conocido de concentraciones que salen de la zona de control 3.

La Figura 4 muestra un ejemplo de la interacción entre el controlador maestro 52 y los ventiladores 20 y las válvulas de control rotativas. En 401, los puntos de regulación respectivos (para la velocidad del ventilador) son calculados por el controlador maestro 52 basándose en las regulaciones de prueba, y se comunican a los ventiladores 20. En 402, los ventiladores 20 retroalimentan su velocidad real al controlador maestro 52. El controlador maestro 52 también recibe información sobre el caudal de la Zona de Control 5. En 403, el controlador maestro 52 puede recibir información sobre los caudales de fluido en el circuito o circuitos de fluido 16 en una o más de las otras zonas de control 28. En 404, mide el error de caudal y calcula nuevos puntos de regulación para los ventiladores 20 basándose en la información de retroalimentación. En 405, el controlador maestro 52 envía los nuevos puntos de regulación a los ventiladores 22 para crear el caudal deseado en la zona o zonas de control relevantes.

Al realizar una prueba, se desea establecer un conjunto de condiciones de base conocidas para el fluido en al menos una ubicación aguas arriba de la zona de prueba (es decir, en o antes de la entrada de la zona de prueba, por ejemplo, una ubicación entre el depósito y la zona de prueba en realizaciones típicas), las condiciones de base se definen típicamente por la composición, temperatura y caudal del fluido. Una vez que se han establecido las condiciones de base, uno o más de los parámetros de composición, temperatura y caudal se pueden ajustar (nuevamente en un lugar aguas arriba de la zona de prueba) de acuerdo con la especificación de la prueba, por ejemplo, mediante la inyección de cantidades conocidas de uno o más gases (habitualmente gases de hidrocarburos), de modo que el artículo en la zona de prueba esté sujeto a las condiciones de prueba (que generalmente definen la composición del fluido, la temperatura y el caudal en la zona de prueba) estipuladas en la especificación de prueba. Las condiciones correspondientes del fluido que sale de la zona de prueba tienden a diferir de las condiciones de base con respecto a al menos uno de los parámetros definitorios, no sólo debido a cualquier ajuste hecho de acuerdo con la especificación de prueba sino a veces como resultado de procesos mecánicos y/o químicos que pueden tener lugar en la zona de prueba (que dependen de la prueba que se realiza y del artículo que se prueba). Por razones de eficiencia, se prefiere recircular al menos parte de la corriente de salida de fluido y por eso es necesario ajustar una o más de composición, temperatura y/o caudal, según se requiera, de la corriente de salida de fluido con el fin de restablecer las condiciones de base deseadas (o establecer un conjunto diferente de condiciones de base deseadas según lo requiera la especificación de prueba) en la ubicación o ubicaciones aguas arriba relevantes. Esto permite que la o cada prueba que se realiza sea precisa y repetible. El establecimiento y el restablecimiento de las condiciones de base pueden ser realizados por el controlador 52 usando una cualquiera o más de las técnicas y aparatos descritos anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 4.

Para algunas pruebas, uno o más de los valores de los parámetros del fluido estipulados por la especificación de la prueba pueden cambiar relativamente rápido durante la prueba, o entre pruebas sucesivas y/o entre ciclos sucesivos de la misma prueba. Con el fin de producir de forma fiable y precisa tales condiciones de fluido transitorias, es necesario establecer o restablecer las condiciones de base deseadas muy rápidamente. Las técnicas preferidas para lograr esto se describen ahora con referencia a la Figura 5 que muestra, generalmente indicado como 110, un sistema de prueba que plasma la invención.

El sistema de prueba 110 es similar al sistema 10 de la Figura 1, usándose números similares para indicar partes similares y aplicándose una descripción igual o similar, como resultaría evidente para un experto, a menos que se indique lo contrario. El sistema de prueba 110 incluye un reactor 112, un sistema de control (no mostrado) para controlar el funcionamiento del reactor 112, un circuito de fluido 116, una zona de prueba 118, medios de bombeo 120 (típicamente uno o más ventiladores), medios de calentamiento 122 (típicamente un horno), un depósito 124 y una pluralidad de zonas de control 128. Se entenderá que cualquiera de las características del sistema 10 puede incluirse en el sistema 110 y viceversa.

El reactor 112 incluye una salida de fluido 170, que comprende por ejemplo un respiradero, que está conectada al circuito de fluido 116 mediante una válvula 172 que puede funcionar abriendo o cerrando la salida 170. Cuando la salida 170 está abierta, el fluido del circuito 116 abandona el circuito 116 a través de la salida 170, típicamente mediante evacuación. Típicamente, el diferencial de presión entre el circuito 116 y la salida abierta es suficiente para ocasionar que el fluido sea evacuado del circuito 116, aunque opcionalmente se puede



proporcionar una bomba para ayudar a la retirada del fluido. Preferiblemente, la válvula 172 puede funcionar adoptando no sólo un estado completamente abierto y un estado completamente cerrado, sino también uno o más estados parcialmente abiertos con el fin de controlar la tasa a la que el fluido puede abandonar el circuito 116 a través de la salida 170. En realizaciones preferidas, la salida 170 está ubicada aguas abajo de la zona de prueba 118, preferiblemente en la salida de la zona de prueba 118. En realizaciones alternativas (no ilustradas) se puede proporcionar más de una válvula de salida y de control en cualquier ubicación o ubicaciones deseadas alrededor del circuito 116. La salida 170 puede ventilar fluido al entorno circundante o a un tanque (no mostrado) según se desee. Convenientemente, la válvula 172 está incluida en una zona de control 128A. Como se describe con más detalle a continuación, la válvula 172 puede funcionar controlando la proporción de la corriente de salida de la zona de prueba 118 que se recircula alrededor del circuito 116 y/u ocasionando que se retiren cantidades de fluido del circuito 116 en el momento o momentos deseados, todo bajo el control del sistema de control con el fin de implementar la especificación de prueba. En particular, la válvula 172 puede funcionar durante una prueba y/o entre pruebas sucesivas para ajustar la cantidad de recirculación que ocurre y/o deshacerse de cantidades no deseadas de fluido. Esto es particularmente útil para retirar fluido del circuito 116 que tiene una composición, temperatura y/o caudal que se desvía de las condiciones de base deseadas, facilitando así el establecimiento de las condiciones de base deseadas en la ubicación o ubicaciones relevantes en el circuito 116.

El control de la temperatura del fluido se puede realizar controlando el funcionamiento del horno 122. Sin embargo, ajustar la temperatura del fluido de este modo es relativamente lento. Ventajosamente, por lo tanto, el circuito 116 incluye una primera porción 174 de circuito de derivación que, cuando está abierta, permite que parte o todo el fluido en el circuito 116 rodee el horno. Típicamente, la parte del circuito 174 se extiende entre una ubicación 175 en el circuito 116 antes de la entrada al horno 122 (u otro calentador según corresponda) hasta una ubicación 176 en el circuito después de la salida del horno 122. Se proporcionan una o más válvulas 178 para controlar el flujo de fluido a través de la porción 174 del circuito de derivación. La válvula o válvula pueden funcionar preferiblemente abriendo la porción de circuito 174 para permitir que parte o todo el fluido en el circuito 116 rodee el horno 122, o cerrando la porción de circuito 174 previniendo así que el fluido rodee el horno 122. Preferiblemente, la válvula 178 puede funcionar adoptando no sólo un estado completamente abierto y un estado completamente cerrado, sino también uno o más estados parcialmente abiertos con el fin de controlar la cantidad de fluido que rodea el horno 122. Típicamente, cualquier fluido que no se desvíe a través de la parte 174 del circuito de derivación pasa a través del horno 122. Opcionalmente, se pueden proporcionar una o más válvulas 179 para prevenir que cualquier fluido pase a través del horno 122, por ejemplo, si se desea que todo el fluido en el circuito 116 rodee el horno 122. En la realización ilustrada, las válvulas 178 y 179 se muestran por separado con fines ilustrativos, pero pueden ser convenientemente la misma válvula. En cualquier caso, la o cada válvula 178, 179 puede hacerse funcionar por el sistema de control, siendo típicamente parte de una zona de control 28B, con el fin de implementar la especificación de prueba. El fluido que llega a la ubicación 176 a través de la porción 174 del circuito de derivación no es calentado por el horno y por ello está relativamente frío en comparación con el fluido que llega a la ubicación 176 a través del horno 122. Por lo tanto, el sistema de control es capaz de controlar (relativamente rápidamente) la temperatura del fluido en la ubicación 176 controlando la cantidad de fluido que fluye a través de la porción 174 del circuito de derivación. Este control se puede realizar junto con el control del funcionamiento del horno 122 si se requiere y facilita el establecimiento de las condiciones de base deseadas en la ubicación o ubicaciones relevantes en el circuito 116. Se puede proporcionar una porción de circuito de derivación similar alrededor de cada horno u otro calentador incluido en el sistema.

El control del caudal del fluido se puede realizar controlando el funcionamiento del ventilador o ventiladores 120. Sin embargo, ajustar el caudal del fluido de este modo es relativamente lento. Ventajosamente, por lo tanto, el circuito 116 incluye una segunda porción 180 de circuito de derivación que, cuando está abierta, permite que parte o todo el fluido en el circuito 116 rodee la zona de prueba 118. Típicamente, la parte del circuito 180 se extiende entre una ubicación 182 en el circuito 116 antes de la entrada a la zona de prueba 118 hasta una ubicación 184 en el circuito 116 después de la salida de la zona de prueba 118. Se proporcionan una o más válvulas 186 para controlar el flujo de fluido a través de la porción 180 del circuito de derivación. La válvula o válvula pueden funcionar preferiblemente abriendo la porción de circuito 180 para permitir que parte o todo el fluido en el circuito 116 rodee la zona de prueba 118, o cerrando la porción de circuito 180 previniendo así que el fluido rodee la zona de prueba 118. Preferiblemente, la válvula 186 puede funcionar adoptando no sólo un estado completamente abierto y un estado completamente cerrado, sino también uno o más estados parcialmente abiertos con el fin de controlar la cantidad de fluido que rodea la zona de prueba 118. Típicamente, cualquier fluido que no se desvíe a través de la parte 180 del circuito de derivación pasa a través de la zona de prueba 118. Opcionalmente, se pueden proporcionar una o más válvulas 188 para prevenir que cualquier fluido pase a través de la zona de prueba 118, por ejemplo, si se desea que todo el fluido en el circuito 116 rodee la zona de prueba 118. En la realización ilustrada, las válvulas 186 y 188 se muestran por separado con fines ilustrativos, pero pueden ser convenientemente la misma válvula. En cualquier caso, la o cada válvula 186, 188 puede hacerse funcionar por el sistema de control, siendo típicamente parte de una zona de control 28C, con el fin de implementar la especificación de prueba. El sistema de control es capaz de controlar (relativamente rápido) el caudal de fluido en la zona de prueba 118 controlando la cantidad de fluido que fluye a través de la porción del circuito de derivación 180. Este control se puede realizar junto con el control del

funcionamiento del ventilador o ventiladores si se requiere y facilita el establecimiento de las condiciones de base deseadas en la ubicación o ubicaciones relevantes en el circuito 116. Se puede proporcionar una porción de circuito de derivación similar alrededor de cualquier otra zona de prueba en el sistema y/o alrededor del ventilador o ventiladores 120 u otros dispositivos de bombeo.

5

El fluido en el circuito 116 típicamente comprende un fluido de base al que se añaden uno o más fluidos diferentes de acuerdo con la especificación de la prueba. Como se muestra en la Figura 5, el fluido o fluidos añadidos, que típicamente comprenden uno o más gases de hidrocarburos y/o al menos un gas que contiene oxígeno, se pueden añadir en la entrada de la zona de prueba 118 para crear las condiciones de prueba requeridas en la entrada a la zona de prueba 118. Para este fin, se proporciona una zona de control 128D en la entrada de la zona de prueba 118. El fluido de base comprende uno o más fluidos a granel que pueden añadirse al sistema y al circuito 116 en una o más ubicaciones. Típicamente, al menos algunos de los fluidos a granel se añaden al depósito 124 desde el cual se pueden introducir en el circuito 116, típicamente bajo el control del sistema de control que usa una o más válvulas (no mostradas). Como alternativa, o además, al menos parte del fluido a granel se puede inyectar en el circuito 116 en una o más ubicaciones, por ejemplo en la zona de control 128E y/o en la salida del ventilador o ventiladores 120. Puede usarse cualquier dispositivo de inyección de fluido adecuado (no mostrado) para abastecer fluidos al depósito u otra ubicación en el circuito 116.

10

15

20

Con el fin de ayudar a establecer las condiciones de base en el circuito 116, se pueden introducir cantidades de uno cualquiera o más de los fluidos a granel disponibles en el circuito 116 para diluir el fluido en el circuito 116. Esta dilución es particularmente útil para ajustar la composición del fluido, por ejemplo, reducir la cantidad de concentraciones de fluido no deseado (en comparación con las condiciones de base deseadas) que pueden estar presentes en el fluido, pero también puede afectar la temperatura y/o el caudal del fluido en el circuito 116.

25

Una cualquiera o más de las técnicas descritas anteriormente, es decir, control de la cantidad de recirculación controlando la evacuación, control de temperatura rodeando el horno, control del flujo rodeando la zona de prueba y dilución, se puede realizar individualmente o en cualquier combinación para ajustar la composición, temperatura y/o caudal del fluido en el circuito 116. Las técnicas son particularmente útiles para hacer ajustes rápidos a los parámetros del fluido con el fin de implementar condiciones de prueba transitorias, por ejemplo, permitiendo que las condiciones de base deseadas se establezcan rápidamente. Cuando el sistema de control calcula cómo implementar una especificación de prueba, puede usar una o más de estas técnicas, en cualquier combinación y en combinación con cualquier otra técnica de control disponible. La información de control correspondiente generada por el sistema de control incluirá, por lo tanto, información de control para ocasionar que el componente o componentes relevantes del sistema, típicamente en la zona o zonas de control relevantes, implementen las técnicas de control seleccionadas de la manera requerida para implementar la especificación de prueba. Esto incluye, según corresponda, información de control para controlar la sincronización y el grado de apertura de las válvulas relevantes, incluyendo las válvulas 172, 178, 179, 186, 188, que pueden ser, por ejemplo, válvulas de control rotativas. Las válvulas relevantes se controlan para controlar de manera precisa y repetida el fluido en el circuito y, en particular, a través de la muestra de prueba para implementar condiciones de prueba estáticas o transitorias según se requiera. Al igual que con las otras zonas de control, hay control de alta velocidad y medición de la posición de la válvula en el punto de actuación y luego se envía información posicional al controlador maestro en tiempo real.

30

35

40

45

La composición del fluido de base depende de la prueba o pruebas que se implementen. Lo más común es que el fluido de base sea gaseoso y comprenda uno o más gases y opcionalmente vapor de agua. Los fluidos que se añaden al fluido de base típicamente también son gaseosos y comprenden más comúnmente uno o más gases de hidrocarburos puros y/o al menos un gas que contiene oxígeno. Convencionalmente, el fluido de base comprende predominantemente un gas inerte tal como nitrógeno, a menudo en combinación con concentraciones más pequeñas de uno o más gases sintéticos. Esto puede ser problemático cuando se crean condiciones de fluido que cambian rápidamente en el reactor 112, ya que existen limitaciones en las tasas a las que se pueden inyectar gases sintéticos abastecidos a granel en el reactor. Además, los gases sintéticos a granel son relativamente caros. Para abordar estos problemas, las realizaciones preferidas de la invención usan aire como gas a granel para proporcionar el fluido de base. La proporción del fluido de base que es aire depende de la prueba que se implemente, pero está preferiblemente entre aproximadamente 10 % y 100 %, más preferiblemente entre aproximadamente 50 % y 100 %. En algunas realizaciones, el gas de base es 100 % de aire. En los casos en los que el gas de base no es 100 % de aire, se pueden proporcionar uno o más gases sintéticos (por ejemplo, nitrógeno o dióxido de carbono) y/o vapor de agua como gases a granel para completar el gas de base según se requiera.

50

55

60

Además de estar disponible gratuitamente, una ventaja de usar aire como componente significativo y preferiblemente predominante del fluido de base es que puede abastecerse al reactor 112 e introducirse en el circuito 116 con relativa rapidez usando cualquier bomba de aire o compresor de aire convencional adecuado u otro dispositivo de entrada de fluido, convenientemente desde el entorno circundante. Esto facilita la técnica de dilución descrita anteriormente. En realizaciones preferidas, se abastece aire al depósito 124, y/o a una o

65

más ubicaciones en el circuito 116, desde el entorno circundante mediante un compresor (no mostrado).

De lo anterior resultará evidente que los sistemas preferidos que plasman la invención son capaces de suministrar condiciones estáticas o transitorias precisas de concentración, flujo y temperatura de gas a la muestra de prueba. En una prueba en condiciones estáticas, el caudal del gas de base es típicamente constante durante la prueba. La temperatura del fluido en la entrada de la zona de prueba puede ser constante o puede variar entre dos o más puntos de regulación durante la prueba. La composición del fluido en la entrada de la zona de prueba puede ser constante durante la prueba, pero más habitualmente las concentraciones de uno o más fluidos constituyentes cambian entre dos o más puntos de regulación. Para condiciones de prueba transitorias, cada uno de los parámetros de composición, temperatura y flujo puede variar sustancialmente de forma continua a lo largo de la prueba, por ejemplo, para simular variaciones en la velocidad, aceleración y carga del motor del vehículo.

El uso predominante de aire como gas de base para simulaciones de diésel en particular permite la replicación a gran escala de las condiciones del mundo real sin la necesidad de cantidades excesivas de nitrógeno u otro gas de base abastecido.

Para algunas pruebas, incluyendo las simulaciones de gases de escape, el gas de base comprende hasta un 21 % de oxígeno en volumen. Por ejemplo, para pruebas que implementan simulaciones de escape de motores diésel, el gas de base comprende entre aproximadamente 6 % y 21 % de oxígeno en volumen, usando típicamente entre 25 % y 100 % de aire en volumen. Para las pruebas que implementan otras simulaciones, como las simulaciones de escape de motores de gasolina, el gas de base típicamente comprende entre 0 y 21 % de oxígeno en volumen. Ventajosamente, por lo tanto, para muchas de estas pruebas, en particular pruebas que requieren entre 10 % y 21 % de oxígeno en volumen, se usa aire como componente predominante del gas de base, estando típicamente presente entre aproximadamente 50 % y 100 % del gas de base por volumen según se requiera.

En realizaciones preferidas, el sistema de control usa una combinación de recirculación y evacuación para mantener los gases deseables y expulsar gases no deseados (por ejemplo, CO<sub>2</sub> o CO en pruebas relacionadas con automóviles) en el fluido. La cantidad de recirculación puede estar entre 0 y 100 % dependiendo de la prueba y del artículo que se prueba. Por ejemplo, se puede emplear entre 0 % y 50 % de recirculación con una muestra de prueba de catalizador o entre 0 % y 100 % de recirculación para cualquier otro tipo de muestra de prueba. Los niveles relativamente bajos de recirculación facilitan el control de condiciones transitorias agresivas, mientras que la recirculación reduce los requisitos de abastecimiento de fluido y maximiza la eficiencia energética.

Opcionalmente, los sistemas que plasman la invención pueden incluir uno o más dispositivos (no mostrados) para controlar las condiciones ambientales del entorno alrededor de la zona de prueba 18, 118 (a diferencia de las condiciones del fluido en la zona de prueba a la que se somete la muestra de prueba). Tales dispositivos pueden incluir cualquier aparato convencional para calentar o enfriar el ambiente y/o para ajustar el flujo de aire ambiental y/o la presión del aire ambiental. Esto permite simular las condiciones ambientales del mundo real alrededor de la zona de prueba.

Por lo tanto, el sistema preferido permite no sólo la replicación de las condiciones de prueba de entrada de la muestra de prueba sino también las condiciones de prueba exteriores (ambientales) de la muestra, que pueden incluir control de temperatura externa en el intervalo de, por ejemplo, -30 °C a +50 °C, simulación de condiciones de altitud variables mediante una cámara de control atmosférico o un dispositivo de control de presión similar, por ejemplo en el intervalo de 100 % de vacío a +1000 bar, condiciones de humedad relativa de 0 % a 100 % mediante el uso de una cámara de humedad u otro dispositivo y/o condiciones de convección forzada replicadas mediante el uso de dispositivos de movimiento de aire tales como sopladores, ventiladores, etc. La replicación de los choques térmicos se puede lograr mediante la provisión de calor instantáneo mediante una reacción química o un calentador eléctrico en el exterior de la muestra. La replicación de los choques térmicos también se puede lograr enfriando el exterior de la muestra de prueba mediante salpicaduras de agua, rociado de agua, uso de nitrógeno líquido u otro fluido apropiado.

Las realizaciones preferidas facilitan simulaciones del mundo real para evaluaciones comparativas de productos y para el cumplimiento de condiciones de prueba legislativas globales, por ejemplo, sistemas de control de emisiones probados según EURO 6c u otra legislación sobre emisiones. Se pueden usar realizaciones preferidas para caracterizar y evaluar el rendimiento de los sistemas de medición de emisiones en condiciones de prueba de entrada conocidas. Las evaluaciones de rendimiento llevadas a cabo con un alto nivel de precisión incluyen: repetibilidad; reproducibilidad; precisión estabilidad; y resolución.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de prueba que comprende:

5 un reactor, comprendiendo el reactor

un circuito de fluido,

10 una zona de prueba para al menos un artículo bajo prueba, estando incluida dicha zona de prueba en dicho circuito de fluido para exponer dicho al menos un artículo al fluido que fluye en dicho circuito durante su uso,

una pluralidad de zonas de control incluidas en dicho circuito de fluido en una ubicación diferente respectiva, incluyendo cada zona de control al menos un dispositivo de control para controlar al menos un parámetro de dicho fluido de acuerdo con la información de control, en donde, para al menos una de dichas zonas de control, dicho al menos un dispositivo de control comprende un inyector de fluido, pudiendo funcionar el inyector de fluido inyectando fluido en dicho circuito de fluido; y

15 un sistema de control para controlar el funcionamiento del reactor, estando el sistema de control en comunicación con dichas zonas de control para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control y en donde dicho sistema de control está configurado para:

recibir datos de entrada que especifican al menos un valor de prueba para dicho al menos un parámetro;

25 predecir el comportamiento, con respecto a dicho al menos un parámetro de fluido, de dicho fluido usando dichos datos de entrada y un modelo matemático del reactor;

calcular dicha información de control basándose en el comportamiento previsto del fluido; y

30 comunicar dicha información de control a al menos una de dichas zonas de control.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde dicho al menos un parámetro comprende un parámetro de composición de fluido que indica la composición química del fluido, un parámetro de temperatura que indica la temperatura del fluido y un parámetro de caudal que indica el caudal del fluido, y en donde, usando dichos datos de entrada y dicho modelo matemático, dicho sistema de control está configurado para calcular uno o más efectos sobre uno cualquiera o más de la composición, temperatura y caudal de dicho fluido resultante de una o más combinaciones de dicho al menos un valor de prueba para dos o más cualesquiera de dichos parámetros de composición de fluido, parámetros de temperatura de fluido y parámetros de caudal de fluido.

3. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en donde dicho sistema de control está configurado para predecir el comportamiento, con respecto a dicho al menos un parámetro de fluido, de dicho fluido en una o más ubicaciones en dicho circuito de fluido usando dicha información de control y dicho modelo matemático del reactor, para calcular información de control adicional basada en el comportamiento previsto del fluido; y para comunicar dicha información de control adicional a al menos una de dichas zonas de control, y en donde, preferiblemente, dicho sistema de control está configurado para enviar dicha información de control adicional a una o más zonas de control asociadas con dicha una o más ubicaciones, y para enviar dicha información de control a una o más zonas de control asociadas con una o más ubicaciones diferentes.

4. El sistema de cualquier reivindicación anterior en donde al menos algunas de dichas zonas de control incluyen al menos un sensor para medir una o más características de dicho fluido en dicha ubicación respectiva, y al menos un dispositivo de control para controlar una o más características de dicho fluido de acuerdo con la información de control; y en donde dicho sistema de control está configurado para proporcionar a dichas zonas de control dicha información de control y para recibir información de retroalimentación de dichas zonas de control indicativa de un valor real respectivo para una o más de dichas características del fluido medidas por dicho al menos un sensor respectivo, y en donde dicho sistema de control responde a dicha información de retroalimentación procedente de una o más de dichas zonas de control para calcular al menos un nuevo punto de regulación para al menos una de dichas zonas de control, y para comunicar dicho al menos un nuevo punto de regulación a dicha al menos una de dichas zonas de control.

5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho sistema de control está configurado para calcular dicha información de control para crear un entorno de prueba deseado en la zona de prueba, estando definido dicho entorno de prueba por dicho al menos un parámetro de fluido.

6. El sistema de la reivindicación 1, en donde dicha información de control comprende uno o más puntos de regulación, siendo cada punto de regulación indicativo de un valor deseado para uno respectivo de dicho al menos un parámetro de fluido, y en donde cada zona de control responde a recibir dichos puntos de regulación para activar al menos un dispositivo de control respectivo para manipular uno o más parámetros de dicho fluido

para lograr el punto de regulación respectivo, y en donde, opcionalmente, dicho al menos un dispositivo de control respectivo se activa para manipular uno o más parámetros de fluido en la ubicación respectiva de la zona de control respectiva.

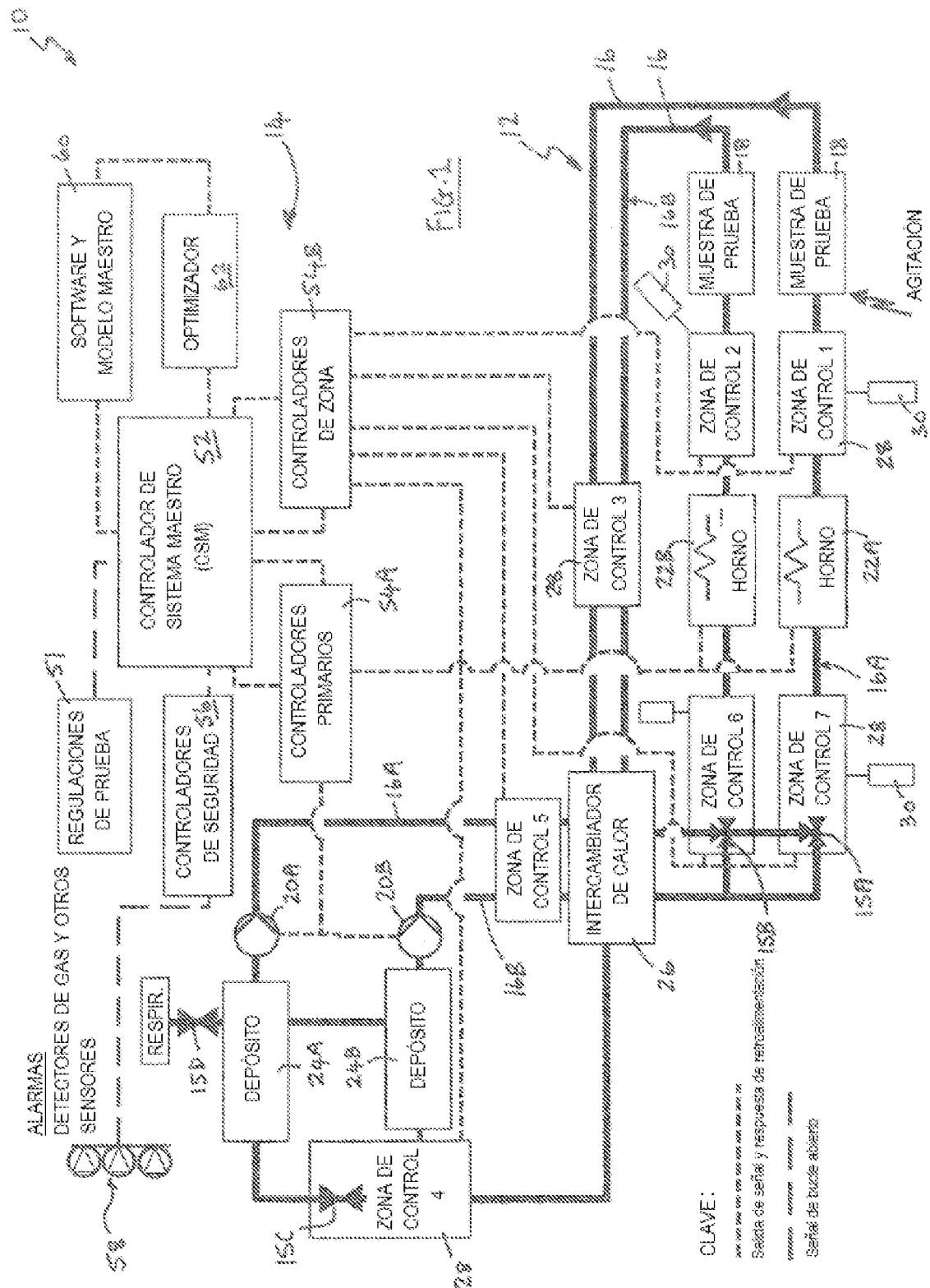
- 5 7. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde dicho inyector de fluido puede funcionar inyectando fluido en dicho circuito de fluido en la ubicación respectiva de la zona de control respectiva, y en donde dicho al menos un dispositivo de control incluye preferiblemente un Controlador de Flujo Másico (CFM) para controlar la inyección de dicho fluido mediante dicho inyector de fluido.
- 10 8. El sistema de la reivindicación 1, en el que se incorporan medios de bombeo en dicho circuito de fluido, siendo operables dichos medios de bombeo para hacer que dicho fluido circule alrededor de dicho circuito de fluido, y en el que dicho sistema de control está configurado para proporcionar a dichos medios de bombeo información de control que especifica al menos un punto de ajuste que es indicativo de un valor deseado para una característica operativa respectiva, por ejemplo la velocidad operativa, de dichos medios de bombeo,
- 15 respondiendo dichos medios de bombeo a dicha información de control para operar o intentar operar de acuerdo con dicho al menos un punto de ajuste, y en el que dicho sistema de control puede configurarse para recibir información de retroalimentación relacionada con el funcionamiento de dichos medios de bombeo, y responde a dicha información de retroalimentación para calcular uno o más nuevos puntos de ajuste para dichos medios de bombeo y/o para uno o más de dichas zonas de control, y para comunicar dichos uno o más
- 20 nuevos puntos de ajuste a dichos medios de bombeo o zonas de control respectivamente, en donde dicha información de retroalimentación se recibe desde dichos medios de bombeo y/o desde una o más de dichas zonas de control.
- 25 9. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde se incorporan medios de calentamiento, que comprenden preferiblemente al menos un horno, en dicho circuito de fluido, pudiendo funcionar dichos medios de calentamiento calentando dicho fluido en dicho circuito de fluido, y en donde dicho sistema de control está configurado para proporcionar a dichos medios de calentamiento información de control que especifica al menos un punto de regulación que es indicativo de un valor deseado para una característica operativa respectiva, por ejemplo la temperatura operativa, de dichos medios de calentamiento, respondiendo dichos
- 30 medios de calentamiento a dicha información de control para hacer funcionar o intentar hacer funcionar de acuerdo con dicho al menos un punto de regulación, y en donde dicho sistema de control puede configurarse para recibir información de retroalimentación relacionada con el funcionamiento de dichos medios de calentamiento, y responde a dicha información de retroalimentación para calcular uno o más nuevos puntos de regulación para dichos medios de calentamiento y/o para uno o más de dichas zonas de control, y para
- 35 comunicar dichos uno o más nuevos puntos de regulación a dichos medios de calentamiento o zonas de control respectivamente, y en donde dicha información de retroalimentación se puede recibir desde dichos medios de calentamiento y/o desde una o más de dichas zonas de control.
- 40 10. El sistema de la reivindicación 7, en donde dicho sistema de control está configurado para proporcionar información de control para ocasionar que una o más de dichas zonas de control manipulen una composición química y/o la composición de la mezcla de dicho fluido en dicho circuito de fluido, y en donde al menos una de dichas zonas de control puede funcionar manipulando la composición química y/o la composición de la mezcla del fluido en el circuito de fluido inyectando uno o más fluidos en dicho circuito de fluido, preferiblemente
- 45 en la ubicación respectiva de la zona de control respectiva, y en donde, preferiblemente, al menos una de dichas zonas de control puede funcionar manipulando la composición química del fluido en el circuito de fluido inyectando uno o más reactivos químicos en dicho circuito de fluido.
- 50 11. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde cada zona de control puede funcionar monitorizando y/o controlando uno cualquiera o más de los siguientes parámetros del sistema: caudal de fluido; balance del flujo de fluidos; suministro del fluido de abastecimiento al circuito de fluido; composición del fluido; temperatura del fluido; distribución del flujo y mezcla del fluido, y en donde dicho sistema de control puede configurarse para controlar el caudal de fluido mediante uno o más de: (i) controlar el funcionamiento de los medios de bombeo; (ii) combinar el flujo de fluido desde múltiples depósitos de fluido y/o desde múltiples partes del circuito de fluido y/o desde múltiples circuitos de fluido; y/o (iii) controlar una o más válvulas,
- 55 y en donde dicho sistema de control puede configurarse para controlar la temperatura del fluido mediante uno o más de: (i) controlar el funcionamiento de los medios de calentamiento; (ii) controlar la composición de fluido para promover reacciones exotérmicas o endotérmicas.
- 60 12. El sistema de la reivindicación 8, en el que dicho sistema de control está configurado para provocar que una o más de dichas zonas de control inyecten uno o más fluidos seleccionados en dicho circuito de fluido en una o más ubicaciones dependiendo de una o más características detectadas del fluido en el circuito de fluido en dicha una o más ubicaciones y/o en una o más ubicaciones diferentes en el circuito de fluido, y en donde dicho sistema de control está configurado preferiblemente para inyectar dicho uno o más fluidos seleccionados
- 65 de acuerdo con un perfil de entrega respectivo calculado por dicho control sistema y especificando la cantidad del o cada fluido a inyectar y el momento de la inyección del o cada fluido a inyectar, y en el que,

preferiblemente, dicho uno o más fluidos a inyectar, y preferiblemente también el perfil de entrega seleccionado, son seleccionados por dicho sistema de control para causar una reacción química deseada en el, o cada, lugar de inyección y/o una o más ubicaciones en el circuito de fluido y/o para causar un cambio deseado en la composición de la mezcla de fluidos en el, o cada, ubicación de inyección y/o una o más ubicaciones diferentes en el circuito de fluido.

13. El sistema de cualquier reivindicación anterior en el que dicho circuito de fluido incluye una salida de fluido, el reactor incluye una zona de control de evacuación que tiene un dispositivo de control de evacuación que es operable para abrir o cerrar dicha salida de fluido, y en el que dicho sistema de control está configurado para operar dicha evacuación. dispositivo de control con dicha información de control para controlar la evacuación de fluido de dicho circuito de fluido, y en donde, opcionalmente, dicho sistema de control está configurado para operar dicho dispositivo de control de evacuación para ajustar la cantidad de recirculación de dicho fluido en dicho circuito de fluido, y en donde, opcionalmente, dicho sistema de control está configurado para operar dicho dispositivo de control de evacuación para eliminar una cantidad calculada de dicho fluido de dicho circuito de fluido, y en donde dicho sistema de control puede configurarse para calcular dicha cantidad dependiendo de un valor determinado para uno cualquiera o más de un fluido parámetro de composición, un parámetro de temperatura de fluido o parámetro de caudal de fluido de dicho fluido en dicho circuito de fluido, y en donde dicho sistema de control puede configurarse para determinar el o cada uno de dicho parámetro de composición de fluido, un parámetro de temperatura de fluido o parámetro de caudal de fluido en con respecto a una ubicación específica en dicho circuito de fluido, preferiblemente en una salida de dicha zona de prueba, y en donde dicho sistema de control puede configurarse para controlar la evacuación de fluido de dicho circuito de fluido para ajustar uno cualquiera o más de la composición, temperatura o caudal. de dicho fluido en dicho circuito de fluido, preferiblemente para establecer una condición base para dicho fluido en dicho circuito.

14. El sistema de la reivindicación 13, en donde dicho fluido comprende un fluido de base compuesto de al menos un fluido a granel, estando conectado dicho sistema a una fuente de dicho al menos un fluido a granel mediante al menos un dispositivo de entrada de fluido para introducir dicho al menos un fluido a granel en dicho circuito de fluido bajo el control de dicho sistema de control, en donde dicho al menos un fluido a granel puede comprender aire, y en donde dicho fluido de base puede comprender entre aproximadamente 10 % y 100 % de aire en volumen, preferiblemente entre aproximadamente 25 % y 100 % de aire en volumen, y en donde, preferiblemente, dicho sistema de control está configurado para ajustar una cualquiera o más de la composición, temperatura o caudal de dicho fluido en dicho circuito de fluido, preferiblemente para establecer una condición de base para dicho fluido en dicho circuito, controlando la introducción de dicho al menos un gas a granel en dicho circuito de fluido para diluir el fluido en el circuito de fluido, en donde, preferiblemente, dicho sistema de control está configurado para calcular una cantidad de dicho al menos un fluido a granel para introducir en dicho circuito de fluido dependiendo de un valor determinado para uno cualquiera o más de un parámetro de composición de fluido, un parámetro de temperatura de fluido o un parámetro de caudal de fluido de dicho fluido en dicho circuito de fluido.

15. El sistema de la reivindicación 13 o 14, en donde dicho circuito de fluido incluye medios de calentamiento que pueden funcionar calentando dicho fluido en dicho circuito de fluido y en donde dicho circuito de fluido incluye una porción de circuito de derivación para desviar el fluido alrededor de dichos medios de calentamiento, y al menos una válvula que puede funcionar controlando la proporción respectiva de dicho fluido en dicho circuito de fluido que fluye a través de la porción del circuito de derivación y los medios de calentamiento, y en donde dicho sistema de control está configurado para controlar el funcionamiento de dicha al menos una válvula con el fin de controlar la temperatura del fluido en dicho circuito de fluido, en donde, preferiblemente, dicho sistema de control está configurado para calcular dicha proporción respectiva dependiendo de un valor determinado de temperatura del fluido, preferiblemente para establecer la condición de base para dicho fluido, y/o en donde dicho circuito de fluido incluye una porción de circuito de derivación para desviar fluido alrededor de dicha zona de prueba, y al menos una válvula que puede funcionar controlando la proporción respectiva de dicho fluido en dicho circuito de fluido que fluye a través de la porción del circuito de derivación de la zona de prueba y la zona de prueba, y en donde dicho sistema de control está configurado para controlar el funcionamiento de dicha al menos una válvula con el fin de controlar el caudal del fluido en dicha zona de prueba, y en donde, preferiblemente, dicho sistema de control está configurado para calcular dicha proporción respectiva dependiendo de un valor determinado del caudal de fluido, preferiblemente para establecer la condición de base para dicho fluido.



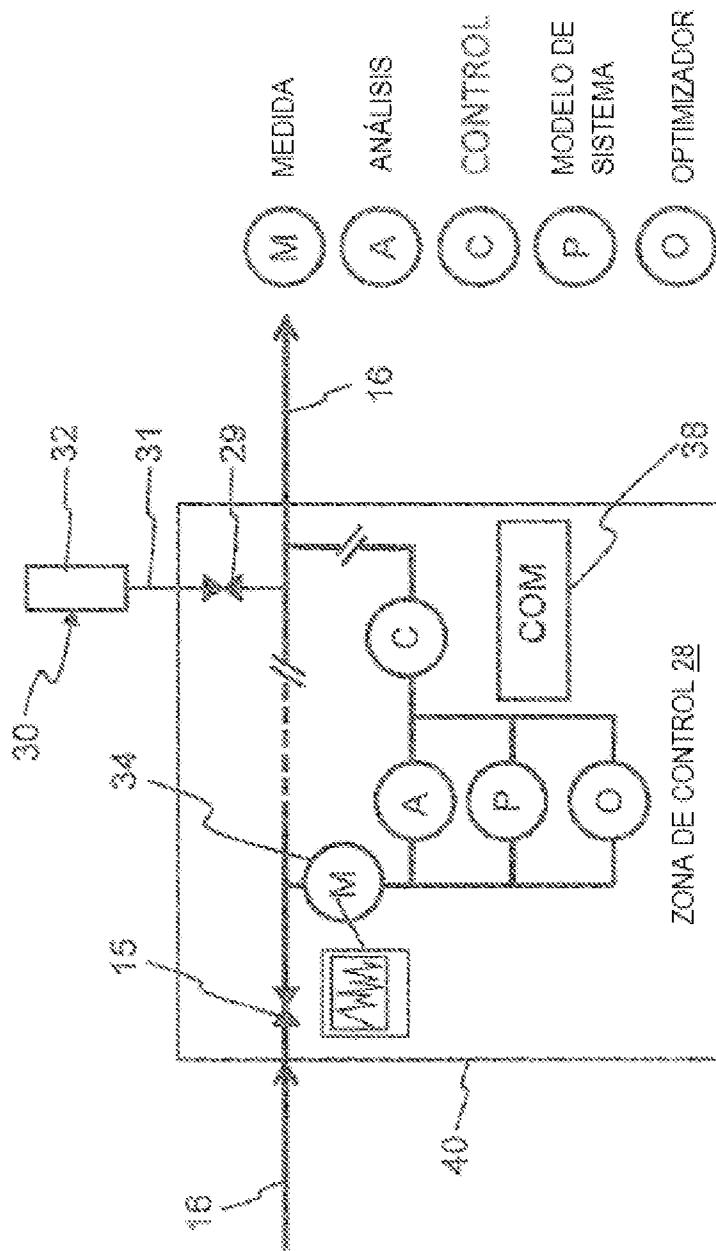


Fig. 2



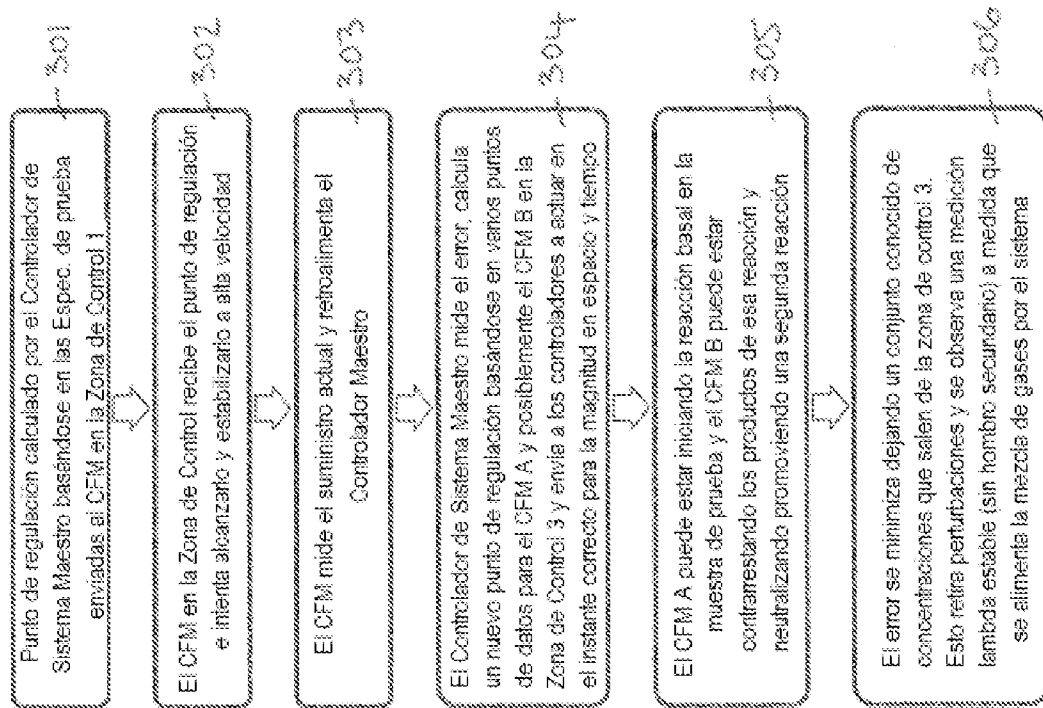


Fig. 3

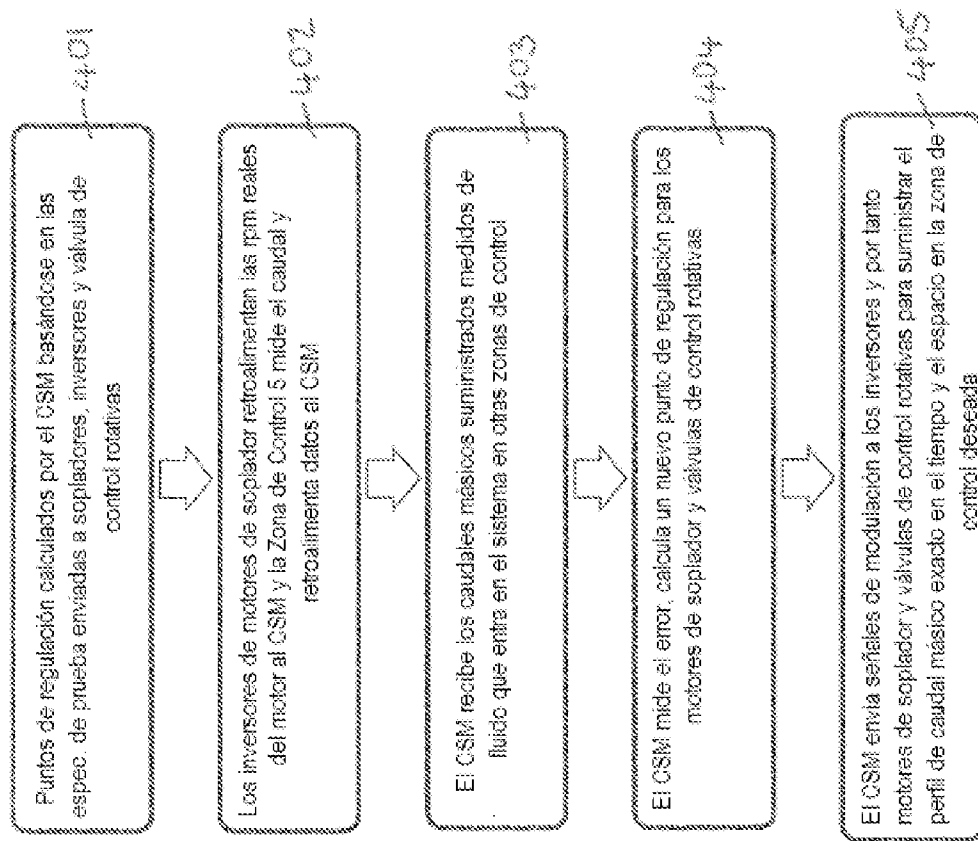


Fig. 4

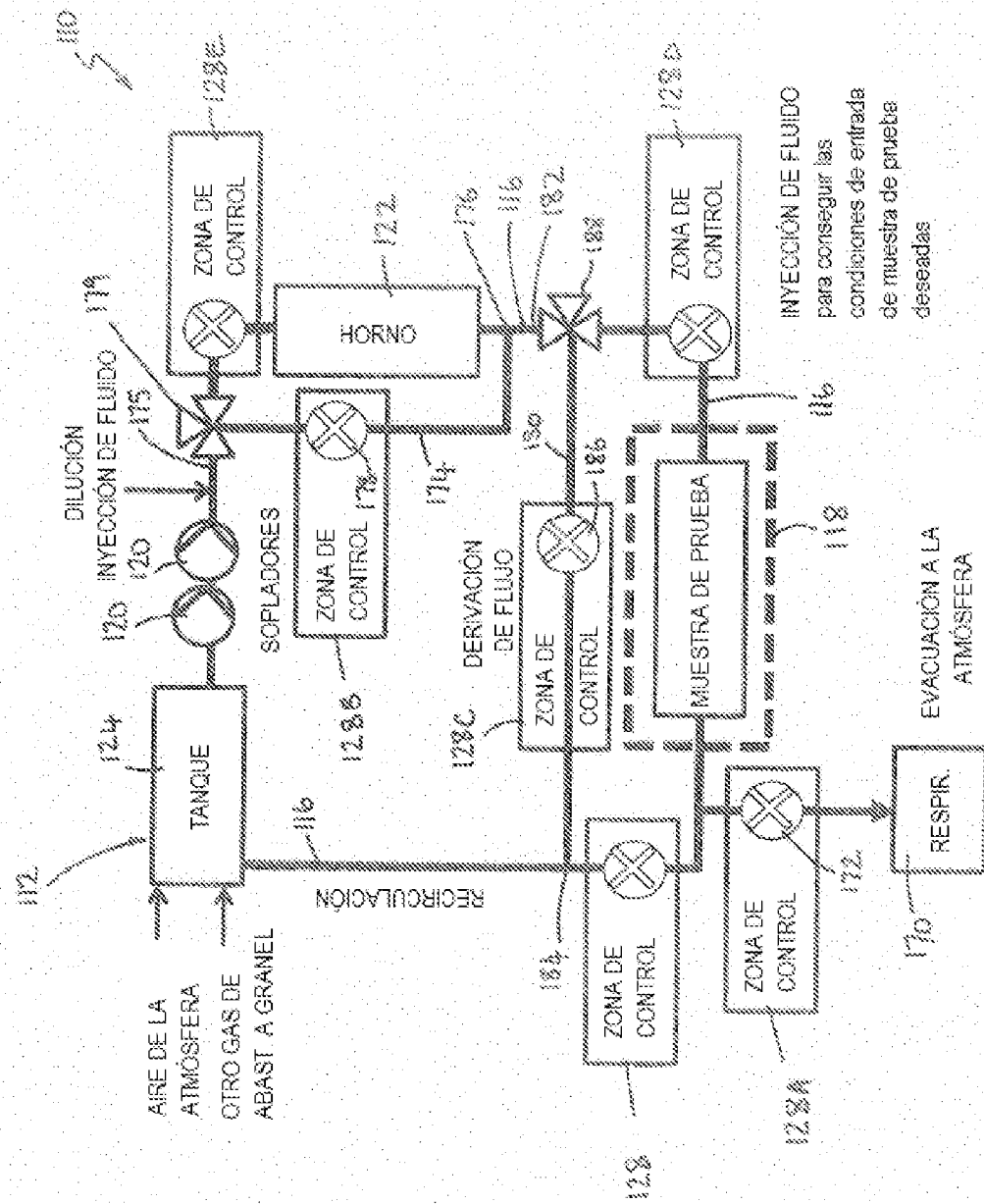


Fig. 5