



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 837**

51 Int. Cl.:

**F22B 1/18** (2006.01)

**F23C 9/00** (2006.01)

**F23L 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06795153 .3**

96 Fecha de presentación : **25.07.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1917469**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54

Título: **Procedimiento que usa un sistema de cogeneración con un sistema auxiliar de aire enriquecido en oxígeno.**

30

Prioridad: **12.08.2005 US 707930 P**  
**08.06.2006 US 423132**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2011**

73

Titular/es: **L'Air Liquide, Société Anonyme pour l'Étude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude**  
**75, quai d'Orsay**  
**75321 Paris Cédex 07, FR**

72

Inventor/es: **Hu, Tailai y Pranda, Pavol**

74

Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 358 837 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

Procedimiento que usa un sistema de cogeneración con un sistema auxiliar de aire enriquecido en oxígeno.

**Antecedentes**

5 La comunidad para la investigación y el desarrollo de la generación de energía se enfrenta a un importante reto en los años venideros: producir mayores cantidades de energía con unas restricciones cada vez más rigurosas de mayor eficiencia y menor contaminación. Los mayores costes asociados al combustible en los últimos años enfatizan adicionalmente esta exigencia.

10 Las turbinas de gas ofrecen ventajas significativas para la generación de energía porque son compactas, ligeras, fiables y eficientes. Son capaces de un arranque rápido, siguen bien la carga momentánea, y se pueden hacer funcionar a distancia o se pueden dejar desatendidas. Las turbinas de gas tienen vida de servicio prolongada, intervalos de servicio prolongados, y costes de mantenimiento bajos. Habitualmente no se requieren fluidos refrigerantes. Estas ventajas dan como resultado un amplio catálogo de motores de turbina de gas para generación de energía. Una instalación básica de turbina de gas incluye un compresor para introducir y comprimir un gas de trabajo (habitualmente aire), un combustor donde se mezcla un combustible (es decir, metano, propano, o gas natural) con aire comprimido y a continuación se quema la mezcla para añadir energía a la misma, y una turbina para extraer la energía mecánica de los productos de combustión. La turbina se acopla a un generador para convertir la energía mecánica generada por la turbina en electricidad.

15 Una característica de los motores de turbina de gas es el incentivo de que funcionan a una temperatura de entrada a la turbina tan alta como permita la tecnología vigente. Este incentivo se deriva del beneficio directo tanto de la potencia de salida específica como de la eficiencia del ciclo. Con la alta temperatura de entrada se asocia una alta temperatura de escape que, si no se utiliza, representa calor excedente que se disipa a la atmósfera. En las aplicaciones industriales de las turbinas de gas están extendidos los sistemas para capturar este calor excedente a alta temperatura.

20 Ejemplos de sistemas de este tipo son los sistemas de cogeneración y sistemas de ciclo combinado. En ambos sistemas, se colocan uno o más intercambiadores de calor en el conducto de escape de la turbina para transferir el calor al agua de alimentación que circula por los intercambiadores para transformar el agua de alimentación en vapor. En el sistema de ciclo combinado, el vapor se usa para producir energía adicional usando una turbina de vapor. En el sistema de cogeneración, el vapor se transporta y se usa como fuente de energía para otras aplicaciones (habitualmente se denomina vapor de proceso).

25 El documento EP0884468 A2 describe un sistema de ciclo combinado.

30 Un sistema de cogeneración de la técnica anterior incluye típicamente un motor de turbina de gas, un generador, y un generador de vapor de recuperación de calor. Como se ha descrito anteriormente, el motor de turbina de gas incluye un compresor, un combustor (con suministro de combustible) y una turbina. El compresor funciona transfiriendo impulso al aire por la vía de un rotor de gran velocidad. La presión del aire se aumenta mediante el cambio en magnitud y radio de los componentes de la velocidad del aire cuando pasa por el rotor. Termodinámicamente hablando, el compresor transfiere al aire energía mecánica, que se suministra haciendo girar un eje acoplado al rotor, aumentando la presión y la temperatura del aire. Un combustor funciona mezclando combustible con el aire comprimido, encendiendo la mezcla combustible/aire para añadir a la misma energía calorífica primaria. Una turbina funciona de manera esencialmente opuesta con relación al compresor. La turbina expande los productos de combustión calientes y a presión a través de un rotor de álabes acoplado al eje, de modo que extrae energía mecánica de los productos de combustión. Los productos quemados se expulsan a un conducto. Se bombea agua de alimentación a través del generador de vapor situado en el conducto en el que se evapora a vapor. Por medio de este proceso se recoge la energía útil del gas de escape de la turbina. El gas de escape de la turbina se expulsa a la atmósfera por una chimenea.

35 Debido a la desregulación del mercado de la energía y la volatilidad en los precios de la energía, muchos operadores de cogeneración prefieren tener la opción de desconectar la instalación de la turbina al tiempo que conservan la capacidad de generación de vapor del sistema de cogeneración (lo que se conoce como funcionamiento en modo de aire fresco). Para facilitar el funcionamiento en este modo de aire fresco, se dispone un horno en el conducto de escape. El horno proporciona una fuente alternativa de gas caliente para generación de vapor. Para aumentar la eficiencia del modo de aire fresco, una porción de gas de escape se puede recircular al horno. Generalmente, la eficiencia del modo de aire fresco aumenta con el aumento en la tasa de recirculación del gas de escape. La energía calorífica perdida por la chimenea también disminuye con el aumento de la tasa de recirculación del gas de escape. Sin embargo, con el aumento de la tasa de recirculación del gas de escape, la concentración de oxígeno a la entrada del horno disminuye, lo cual eventualmente afecta adversamente a la estabilidad de la combustión (de la mezcla en el horno) y genera contaminantes. Así, es problemático mantener la combustión estable a tasas de recirculación altas del gas de escape.

## Sumario

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren generalmente a un sistema de recirculación de gas de escape que mantiene una concentración de oxígeno deseada para combustión estable a mayores tasas de recirculación. En un aspecto se proporciona un procedimiento para generar energía calorífica. El procedimiento incluye las acciones de mezclar una primera corriente de gas de escape con una corriente de aire fresco, de modo que se forma una mezcla; inyectar la mezcla, una corriente de combustible, y una corriente de gas enriquecido en oxígeno en un quemador; mezclar y quemar esta mezcla con la corriente de combustible y la corriente de gas enriquecido en oxígeno, de modo que se forma una segunda corriente de gas de escape; y dividir la segunda corriente del gas de escape al menos en la primera corriente de gas de escape y una tercera corriente del gas de escape.

10 En otra realización que no forma parte de la invención, se proporciona un generador de vapor. El generador de vapor incluye un conducto principal; un horno en comunicación fluida con el conducto principal. El horno incluye una cámara de combustión que tiene un primer extremo axial y un segundo extremo axial; y un quemador situado próximo al primer extremo axial. El generador de vapor incluye además un intercambiador de calor que tiene una primera cámara separada físicamente de una segunda cámara y en comunicación térmica con ella, la primera cámara ya sea en comunicación fluida con el conducto principal o formando parte del conducto principal, la primera cámara en comunicación térmica con el segundo extremo axial de la cámara de combustión. El generador de vapor incluye además un sistema de recirculación. El sistema de recirculación incluye un primer regulador desviador en comunicación fluida con la primera cámara del intercambiador de calor y un conducto de reciclado; el conducto de reciclado en comunicación fluida con el regulador desviador y un regulador de mezclado; y el regulador de mezclado en comunicación fluida con el conducto principal y el aire fresco. El generador de vapor incluye además un sistema de enriquecimiento en oxígeno. El sistema de enriquecimiento en oxígeno incluye una fuente de gas enriquecido en oxígeno en comunicación fluida con el quemador por la vía de una tubería de oxígeno.

15 En un aspecto un procedimiento para generar energía calorífica usando un sistema de cogeneración que incluye un motor de turbina de gas y un sistema de generación de vapor, en el que el procedimiento incluye las acciones de hacer funcionar el sistema de cogeneración en un primer modo en el que el motor de turbina de gas se hace funcionar para producir energía; y haciendo funcionar el sistema de cogeneración en un segundo modo en el que se desactiva el motor de turbina de gas y se hace funcionar el sistema de generación de vapor para generar energía. El funcionamiento en el modo segundo incluye las acciones de hacer que fluya una mezcla combustible a una unidad de ignición a fin de quemar la mezcla combustible y producir gas de escape; introducir una porción recirculada del gas de escape en una ubicación del sistema de generación de vapor aguas arriba de la unidad de ignición; e introducir un gas enriquecido en oxígeno en una ubicación del sistema de generación de vapor próxima a la unidad de ignición.

20 En otro aspecto se proporciona un procedimiento para generar energía calorífica. El procedimiento incluye las acciones de mezclar una primera corriente de gas de escape con una corriente de aire fresco, de modo que se forma una mezcla; inyectar la mezcla, una corriente de combustible, y una corriente de gas enriquecido en oxígeno en un quemador de un sistema de cogeneración que comprende un motor de turbina de gas y un sistema de generación de vapor; mezclar y quemar la mezcla con la corriente de combustible y la corriente de gas enriquecido en oxígeno, de modo que se forma una segunda corriente de gas de escape; controlar el caudal de la corriente de gas enriquecido en oxígeno que se inyecta en el quemador; dividir la segunda corriente del gas de escape al menos en una tercera corriente de gas de escape y una cuarta corriente de gas de escape; y recircular la tercera corriente de gas de escape para formar la primera corriente de gas de escape.

## Breve descripción de los dibujos

40 Para mejor comprensión de la naturaleza y objetos de la presente invención, se debería hacer referencia a la siguiente descripción detallada, tomada en conjunción con los dibujos que se acompañan, en los que se dan a elementos similares números de referencia iguales o análogos y en los que:

La Figura 1 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema de cogeneración, según una realización de la presente invención.

45 La Figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema de cogeneración, según una realización de la presente invención.

La Figura 3 es una vista posterior simplificada de un quemador de conducto, según una realización de la presente invención.

50 La Figura 4 es un esquema de una boquilla de quemador de conducto en un funcionamiento en el que está envuelta por gas enriquecido en oxígeno, según una realización de la presente invención.

### Descripción de realizaciones preferidas

La Figura 1 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema 100 de cogeneración, según una realización de la presente invención. El sistema 100 de cogeneración incluye un motor 5 de turbina de gas, un horno 50, al menos un intercambiador 20 de calor, y una chimenea principal 70. El horno 50 y el intercambiador 20 de calor, se denominan típicamente generador de vapor de recuperación de calor. El sistema 100 de cogeneración se puede hacer funcionar o bien en modo de cogeneración o en modo de aire fresco. En el modo de cogeneración, se hace funcionar el motor 5 de turbina de gas, mientras que, en modo de aire fresco, se desconecta el motor 5 de turbina de gas y se hace funcionar el generador de vapor de recuperación de calor usando una fuente alternativa de combustible. El horno 50 incluye una cámara 50b de combustión y un quemador 50a de conducto conectados a un suministro de combustible F. El horno 50 proporciona una fuente alternativa de gas caliente para generación de vapor en modo de aire fresco.

En una realización de funcionamiento, se mezcla una primera corriente 25a de gas de escape con una corriente A de aire fresco, de modo que se forma una mezcla 25b. Se inyecta la primera mezcla 25b, junto con una corriente de combustible F y una corriente de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub>, en el quemador 50a de conducto. El mezclado y la combustión de la primera mezcla con la corriente de combustible F y la corriente de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> se producen sustancialmente en la cámara 50b de combustión (algo de mezclado y/o combustión se puede producir en el quemador 50a de conducto). Una segunda corriente 25d del gas de escape resulta de la mezcla y combustión de la corriente de compuestos 25c. Se extrae energía calorífica de la segunda corriente 25d del gas de escape en el intercambiador 20 de calor para producir vapor. La segunda corriente 25d del gas de escape se divide al menos en una primera corriente 25a del gas de escape y una tercera corriente 25e del gas de escape. La tercera corriente 25e del gas de escape se puede liberar a la atmósfera en la chimenea principal 70.

La Figura 2 es un diagrama esquemático del sistema 100 de cogeneración, según una realización de la presente invención. El motor 5 de turbina de gas incluye un compresor 205a, un combustor 205b (con un suministro de combustible F), y una turbina 205c. El motor 5 de turbina de gas está acoplado a un generador 215. Los productos quemados del motor 5 de turbina de gas se expulsan a un conducto 210 de escape principal. En el conducto 210 de escape se disponen uno o más intercambiadores 20 de calor. En la realización ilustrativa, los uno o más intercambiadores 20 de calor incluyen un supercalentador 220a, un evaporador 220b, y un economizador 220c. Dado que el supercalentador 220a se dispone el más cercano a la turbina 205c, está expuesto a los productos de combustión de la temperatura más alta, y va seguido por el evaporador 220b y el economizador 220c.

Se bombea agua W de alimentación a través de estos intercambiadores 220a, b, c desde el depósito 240w de alimentación de agua mediante la bomba 235 de circulación de agua de alimentación. El agua W de alimentación pasa en primer lugar a través del economizador 220c. En este punto, el gas de escape está habitualmente por debajo de la temperatura de saturación del agua W de alimentación. La expresión temperatura de saturación designa la temperatura a la que se produce cambio de fase a una presión dada. El gas de escape se enfría mediante el economizador 220c a niveles de temperatura más bajos para una mayor recuperación de calor y así mayor eficiencia. El agua W de alimentación que se ha calentado pasa a continuación a través del evaporador 220b en el que alcanza la temperatura de saturación y se transforma al menos sustancialmente en vapor S. A continuación, el vapor S sigue adelante por el supercalentador 220a donde se adquiere más energía calorífica por el vapor para aumentar su temperatura por encima de la saturación, de modo que aumenta la disponibilidad de energía útil en el mismo. El vapor S sobrecalentado se transporta a continuación para utilización en otros procesos, por ejemplo, refinado de petróleo crudo, fabricación de productos químicos, o generación de electricidad usando una turbina de vapor. A través de este proceso se recoge energía útil del gas de escape de la turbina. El gas de escape de la turbina se expulsa a la atmósfera por la chimenea principal 70.

Para facilitar el funcionamiento en modo de aire fresco, se dispone el horno 50 en el conducto 210 de escape. Se usan una chimenea 270b de puenteo y un regulador 272 de puenteo para transición entre modo de cogeneración y modo de aire fresco. El regulador 272 de puenteo también previene la fuga de aire al motor 5 de turbina de gas durante el modo de aire fresco. Para aumentar la eficiencia del modo de aire fresco, se dispone un regulador desviador 245 en la chimenea principal 70 de modo que la corriente 25a del gas de escape se pueda recircular al horno 50. Como alternativa, el regulador desviador 245 se podría colocar en el conducto 210 de escape en una ubicación aguas abajo del economizador 220c. La corriente 25a de gas de escape reciclado se transporta desde el regulador desviador 245 a través de un conducto 210r de recirculación. El conducto 210r de recirculación lleva la corriente 25a del gas de escape a un conducto de mezclado 260 donde la corriente 25a de gas de escape se mezcla con una corriente A de aire fresco. Se proporciona un regulador 265 para desconectar el conducto 210r de recirculación durante el modo de cogeneración.

Un ventilador 255 proporciona la energía necesaria para la recirculación de la corriente de gas de escape y el mezclado de la misma con el aire fresco A. La mezcla 25b aire fresco/gas de escape se inyecta habitualmente en el conducto 210 de escape a una distancia aguas arriba del horno 50 que permita el mezclado completo del gas de escape con el aire fresco. La mezcla 25b viaja a continuación a través del conducto 210 de escape hasta el quemador en el conducto 50a donde se inyectan la corriente de combustible F y la corriente de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> y se enciende la corriente de combustible F en una llama de combustible 410f (véase Figura 4). El mezclado y la combustión de la mezcla 25b aire

fresco/gas de escape con la corriente de combustible F y la corriente de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> se producen sustancialmente en la cámara 50b de combustión (algo de mezclado y/o combustión se puede producir en el quemador 50a de conducto).

5 El gas enriquecido en oxígeno se puede almacenar en forma líquida en un depósito 240o. Como alternativa, se puede situar un generador de oxígeno (no mostrado) en el sitio. En una realización, el gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> puede ser cualquier gas que tenga concentración de oxígeno mayor de aproximadamente 21%. En realizaciones particulares, el gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> puede ser cualquier gas que tenga concentración de oxígeno mayor de aproximadamente 25%, o mayor de aproximadamente 50%, o mayor de aproximadamente 90%. También se considera que el gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> sea oxígeno comercialmente puro. El gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> se lleva desde el depósito de oxígeno 240o, por la vía de conducción o tubería 210o, a través de una válvula 275 de control hasta una conducción principal 210o dispuesta en el quemador 50a de conducto. El gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> se inyecta al quemador 50a de conducto a través de boquillas 310o (véase Figura 3). Se dispone un sensor de oxígeno 285 en el conducto 210r de recirculación que está en comunicación eléctrica con un controlador 275c en la válvula 275 de control. El controlador 275c también puede estar en comunicación eléctrica con otros sensores, por ejemplo, un sensor de monóxido de carbono (no mostrado) y/o un segundo sensor de oxígeno (no mostrado) dispuesto en la cámara 50b de combustión. Como alternativa, el sensor de oxígeno 285 se puede situar en la cámara 50b de combustión. Como alternativa, el gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> se puede mezclar con aire fresco antes de la inyección al quemador 50a de conducto. En este escenario, el controlador también puede controlar una válvula de control para medir la relación de gas enriquecido en oxígeno a aire fresco. Como alternativa, se puede disponer un ventilador en la conducción de oxígeno 210o. El controlador 275c es un dispositivo configurado por el uso de una interfaz de teclado o inalámbrica con instrucciones que pueda ejecutar la máquina para ejecutar las funciones que se deseen. El controlador 275c incluye un microprocesador para ejecutar instrucciones almacenadas en una unidad de memoria.

25 Preferiblemente, el controlador 275c ajusta el caudal de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> de manera que se mantenga una concentración de oxígeno predeterminada (COP) solamente en un volumen 410o (véase Figura 4) próximo a la llama encendida 410f del combustible F. Manteniendo la COP solamente en un manto localizado 410o que circunda a la llama 410f se minimiza la cantidad de oxígeno valiosísimo que se usa. Preferiblemente, la COP para una combustión estable está entre aproximadamente 18% y aproximadamente 18,5%, menos preferiblemente, aproximadamente 17,5% y, lo menos preferiblemente aproximadamente 17%, según una realización de la presente invención (dependiendo de la configuración específica del quemador y la cámara de combustión). Como alternativa, el controlador 275c puede ajustar el caudal de modo que se mantenga la COP para la corriente completa de la mezcla 25b aire fresco/gas de escape o cualquier porción de la mezcla 25b aire fresco/gas de escape.

35 El combustible F se puede almacenar en un depósito de combustible (no mostrado) y se puede llevar a una conducción principal 210f en el quemador 50a de conducto mediante una conducción de combustible (no mostrada). El combustible F se inyecta al quemador de conducto a través de boquillas 310f (véase Figura 3). El combustible se puede suministrar a las boquillas de combustible 310f mediante una bomba de combustible (no mostrada) dispuesta en la conducción de combustible y en comunicación fluida con ella.

40 La Figura 3 es una vista posterior simplificada del quemador 50a de conducto. El extremo del quemador 50a de conducto que se muestra es el extremo que está frente a la cámara 50b de combustión. El quemador 50a de conducto incluye un reborde 305 que tiene agujeros para recibir sujeciones para acoplar el extremo a la cámara 50b de combustión. Se forman uno o más subconductos 315 en el quemador 50a de conducto. Los subconductos 315 están en comunicación fluida con el conducto 210 de escape. El quemador de conducto también incluye uno o más quemadores 310. Cada quemador 310 incluye las boquillas 310f de combustible en comunicación fluida con la conducción principal 210f y las boquillas de oxígeno 310o en comunicación fluida con la conducción principal 210o. Como se muestra, se dispone una boquilla de oxígeno 310o próxima por encima y por debajo de cada boquilla 310f de combustible y, opcionalmente, entre las boquillas 310f de combustible. También se dispone opcionalmente una boquilla de oxígeno 310o en cada extremo horizontal de las boquillas 310f de combustible. Como alternativa, se puede disponer una boquilla de oxígeno concéntricamente alrededor de cada boquilla 310f de combustible.

50 La Figura 4 es un esquema de una boquilla de quemador de conducto en funcionamiento que está envuelta por gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> según una realización de la presente invención. La corriente de combustible F encendido forma una llama 410f a través de una abertura en un escudo de llama 405. Se inyectan corrientes de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> en otras aberturas en el escudo de llama 405 para formar mantos 510 alrededor de cada una de las porciones superiores e inferiores de la llama 410f. Si se usan las boquillas laterales opcionales o la boquilla concéntrica alternativa, entonces el (los) manto(s) rodeará(n) sustancialmente la periferia de la llama 410f. Como se muestra, los mantos 410o se extienden longitudinalmente por la periferia de la llama 410f a una distancia L<sub>o</sub> que es una porción sustancial de la longitud de la llama L<sub>f</sub>. Pasada L<sub>o</sub>, el manto se puede disipar de modo que la COP no se mantenga más. La relación L<sub>o</sub>/L<sub>f</sub> de la longitud del manto L<sub>o</sub> a la longitud de la llama L<sub>f</sub> puede oscilar desde tres décimas a la unidad, dependiendo de la configuración específica del quemador 50a de conducto y del sistema 100 de cogeneración. En una realización, la relación L<sub>o</sub>/L<sub>f</sub> oscila desde cinco décimas a la unidad. Como alternativa, la relación L<sub>o</sub>/L<sub>f</sub> puede ser mayor de la unidad. Como se muestra, cada manto también tiene un espesor máximo X que se mide desde la periferia de la llama 410f radialmente hacia fuera hasta la periferia del

respectivo manto 410o. El espesor máximo X puede oscilar desde cinco hasta veinte centímetros, dependiendo de la configuración específica del quemador 50a de conducto y del sistema 100 de cogeneración. Como alternativa, el espesor máximo X puede ser menor o igual que diez centímetros. Algunas variables que pueden afectar a estos intervalos son la orientación de las boquillas de oxígeno 310o, la velocidad del gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> que sale de las boquillas de oxígeno 310o, el tamaño de las boquillas 310o, la forma de las boquillas 310o, y la configuración de las boquillas 310o.

**Ejemplos**

La Tabla 1 exhibe los efectos de variar las tasas de recirculación sobre la combustión y eficiencia de un sistema de cogeneración convencional que funciona en modo de aire libre. Las entradas que se marcan con una "X" indican casos en los que la concentración de oxígeno en la mezcla de aire fresco/gas de escape que se inyecta en el quemador de conducto es insuficiente para una combustión estable. Esta condición deficiente en oxígeno resulta del aumento de las tasas (mayores o iguales que aproximadamente 30%) de gas de escape que se recicla.

**Tabla 1: Efecto de diversas tasas de recirculación sobre la combustión y eficiencia de un sistema de cogeneración que funciona en modo de aire libre**

Comb. inestable	Tasa de recirculación	Eficiencia global	O <sub>2</sub> al quemador	O <sub>2</sub> en gas de escape
	0 %	83%	20,7%	13,5%
	20%	85,8%	18,9%	11,9%
	30%	87,2%	17,45%	10,6%
X	35%	88,0%	16,73%	9,95%
X	40%	88,8%	16%	9,3%
X	45%	89,6%	14,6%	7,98%

Durante el funcionamiento, especialmente cuando se aumentan las tasas de recirculación, la mezcla de aire fresco y gas reciclado 25b fluye a través de los subconductos 315 y comienza la combustión cuando alcanza los quemadores 310. Si el sensor de oxígeno 285 detecta una condición deficiente en oxígeno, el controlador 275c abre la válvula 275 de control para compensar la mezcla 25b deficiente en oxígeno inyectando el gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> a través de las boquillas de oxígeno 310o en el quemado 50a de conducto. El gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> aumenta la concentración de oxígeno de la mezcla 25b en el volumen localizado 410o que rodea la llama encendida 410f, de modo que permite la ignición estable del combustible F. La ignición estable de la llama 410f proporcionada por el manto 410o de gas enriquecido en oxígeno O<sub>2</sub> facilita la combustión estable de la mezcla 25b deficiente en oxígeno con el combustible F en la cámara 50b de combustión. La combustión estable permite la consecución de eficiencias globales más altas (véase Tabla 1) que se asocian con el aumento de las tasas de recirculación sin efectos laterales indeseados, es decir aumento de contaminación, que acompañaría en caso contrario a la combustión inestable a mayores tasas de recirculación. En una realización, el sistema 100 de cogeneración enriquecido en oxígeno puede mantener una concentración de oxígeno efectivo en el quemador 50a a un nivel que es aceptable para una combustión estable hasta aproximadamente una tasa de recirculación de 45%. En otra realización, el sistema 100 de cogeneración enriquecido en oxígeno puede mantener una concentración de oxígeno efectivo en el quemador **50a** a un nivel que es aceptable para una combustión estable hasta aproximadamente una tasa de recirculación de 60%.

Así, en una realización, el sistema 100 de cogeneración enriquecido en oxígeno funciona variando la concentración de oxígeno en la mezcla aire fresco/gas de escape que se inyecta en el quemador 50a de conducto según diferentes tasas de recirculación. De esta manera, el sistema 100 de cogeneración enriquecido en oxígeno es capaz de mantener una concentración de oxígeno efectivo sustancialmente constante en el quemador 50a de conducto a diferentes tasas de recirculación del gas de escape. Diferentes tasas de recirculación dan al sistema de cogeneración mayor flexibilidad de diseño mientras que el contenido en oxígeno efectivo relativamente constante al quemador **50a** facilita mejor control de la combustión en el sistema **100**.

Como alternativa, también se puede usar el enriquecimiento en oxígeno en el modo de cogeneración.

Se han descrito procesos y aparatos preferidos para llevar a la práctica la presente invención. Lo anterior es solamente ilustrativo y se pueden emplear aquellas otras realizaciones de procesos y aparatos integrados sin apartarse del verdadero alcance de la invención que se definen en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento que usa un sistema (100) de cogeneración que incluye:
- un motor de turbina (5) de gas y una chimenea principal (70);
  - un horno (50) que incluye una cámara (50b) de combustión y un quemador (50a) de conducto conectado a un suministro de combustible (F); y
- 5
- al menos un intercambiador de calor (20), formando dicho horno (50) y dicho intercambiador de calor (20) un generador de vapor de recuperación de calor;
- 10
- haciéndose funcionar dicho sistema (100) de cogeneración bien en modo de cogeneración, en el que se hace funcionar dicho motor de turbina (5) de gas, o bien en modo de aire fresco, en el que se desconecta dicho motor de turbina (5) de gas, dicho generador de vapor de recuperación de calor (20, 50) se hace funcionar usando una fuente de combustible alternativa y dicho horno (50) proporciona una fuente alternativa (25d) de gas caliente para generación de vapor, comprendiendo adicionalmente dicho modo de aire fresco las siguientes etapas:
- mezclar una primera corriente de gas de escape (25a) con una corriente (A) de aire fresco, de modo que se forma una primera mezcla (25b);
  - se inyecta dicha primera mezcla (25b), junto con una corriente de combustible (F) y una corriente de gas enriquecido en oxígeno (O<sub>2</sub>), a dicho quemador (50a) de conducto;
  - mezclar y quemar dicha primera mezcla (25b) con dicha corriente de combustible (F) y dicha corriente de gas enriquecida en oxígeno (O<sub>2</sub>), de modo que se forma una segunda corriente de gas de escape (25d), produciéndose sustancialmente el mezclado y la combustión en dicha cámara (50b) de combustión y produciéndose posiblemente algo de mezclado y combustión en dicho quemador (50a) de conducto;
  - extraer energía calorífica de dicha segunda corriente de gas de escape (25d) en dicho intercambiador (20) de calor para producir vapor; y
  - dividir dicha segunda corriente de gas de escape (25d) al menos en dicha primera corriente de gas de escape (25a) y una tercera corriente de gas de escape (25e), siendo liberada dicha tercera corriente de gas de escape (25e) a la atmósfera en dicha chimenea principal (70).
- 15
- 20
- 25
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que
- la corriente de combustible (F) se inyecta a través de una boquilla (310f); y
- la corriente de gas enriquecido en oxígeno (O<sub>2</sub>) se inyecta a través de una boquilla (310o) que se sitúa próxima a la boquilla de combustible (310f).
- 30
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el control del caudal de la corriente de gas enriquecido en oxígeno (O<sub>2</sub>) se hace para enriquecer solamente una porción de la mezcla próxima a la boquilla de combustible (310f).
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el control del caudal de la corriente de gas enriquecido en oxígeno (O<sub>2</sub>) se hace para mantener una concentración de oxígeno predeterminada solamente en un volumen próximo a una llama encendida del combustible.
- 35
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que el volumen tiene una longitud (L<sub>v</sub>), la llama tiene una longitud (L<sub>l</sub>), y la relación (L<sub>v</sub>/L<sub>l</sub>) de la longitud del volumen (L<sub>v</sub>) a la longitud de llama (L<sub>l</sub>) oscila desde tres décimas a la unidad.
6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que el espesor máximo (X) del volumen oscila desde cinco hasta veinte centímetros.

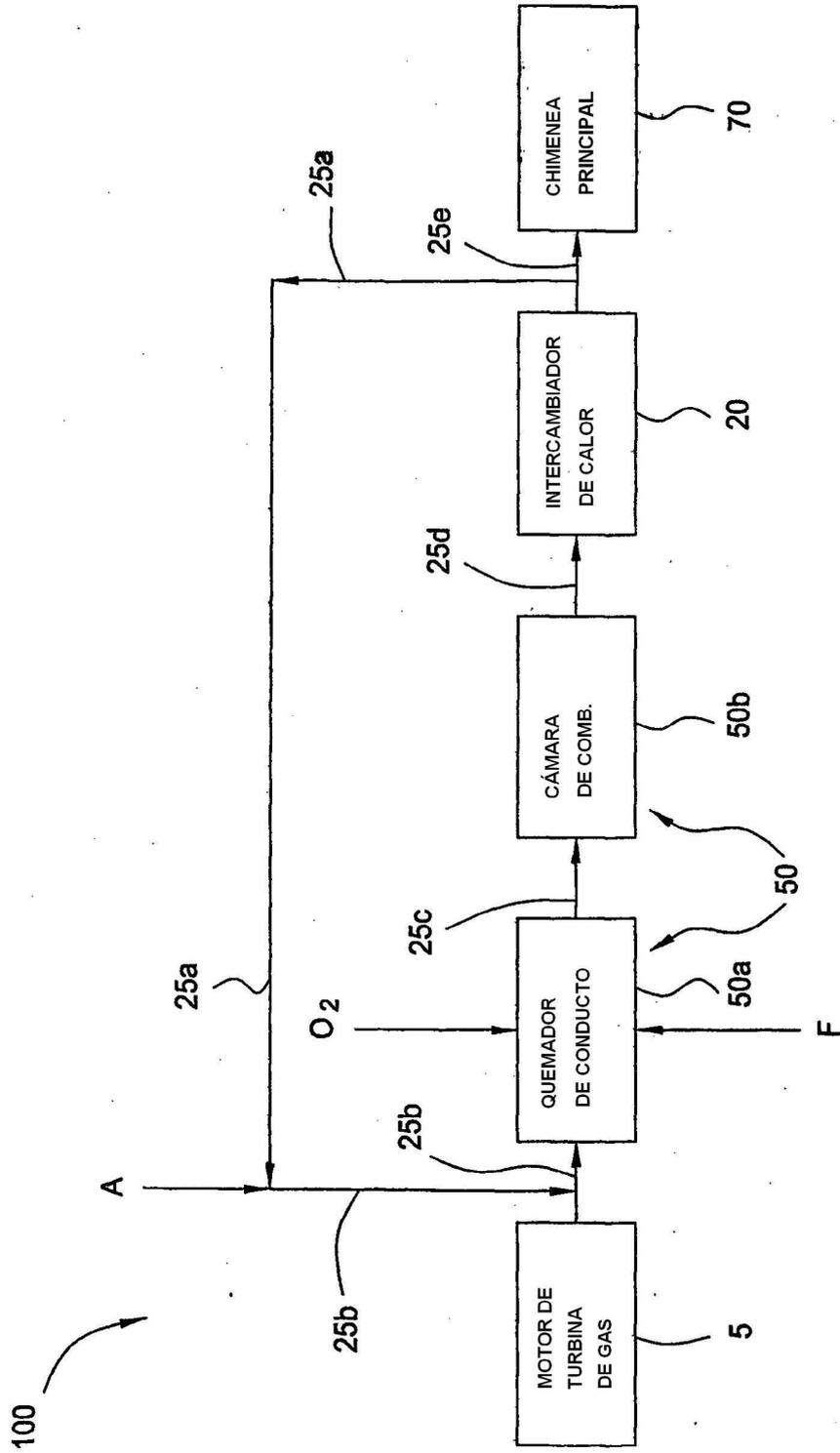


FIG. 1

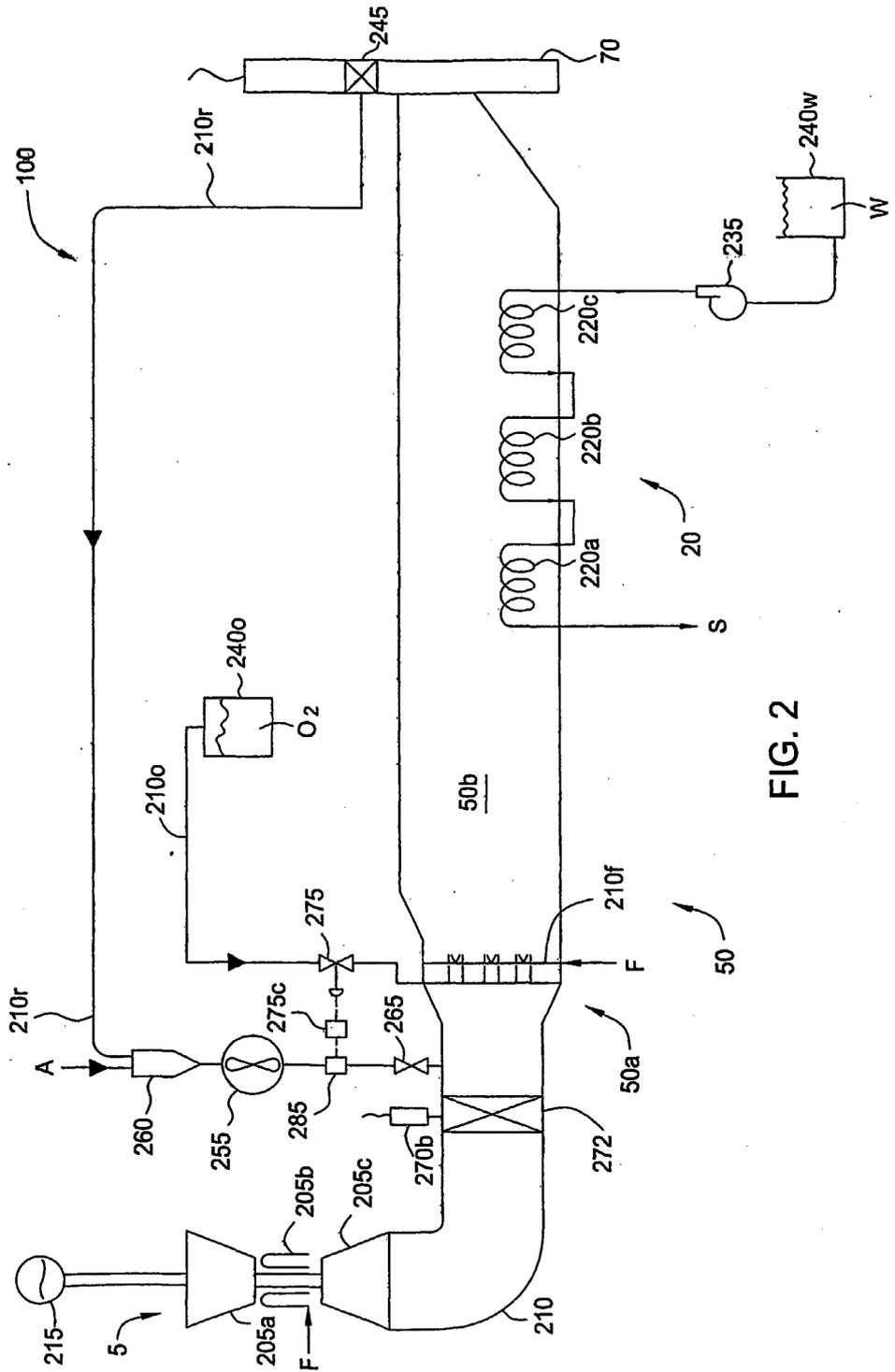


FIG. 2

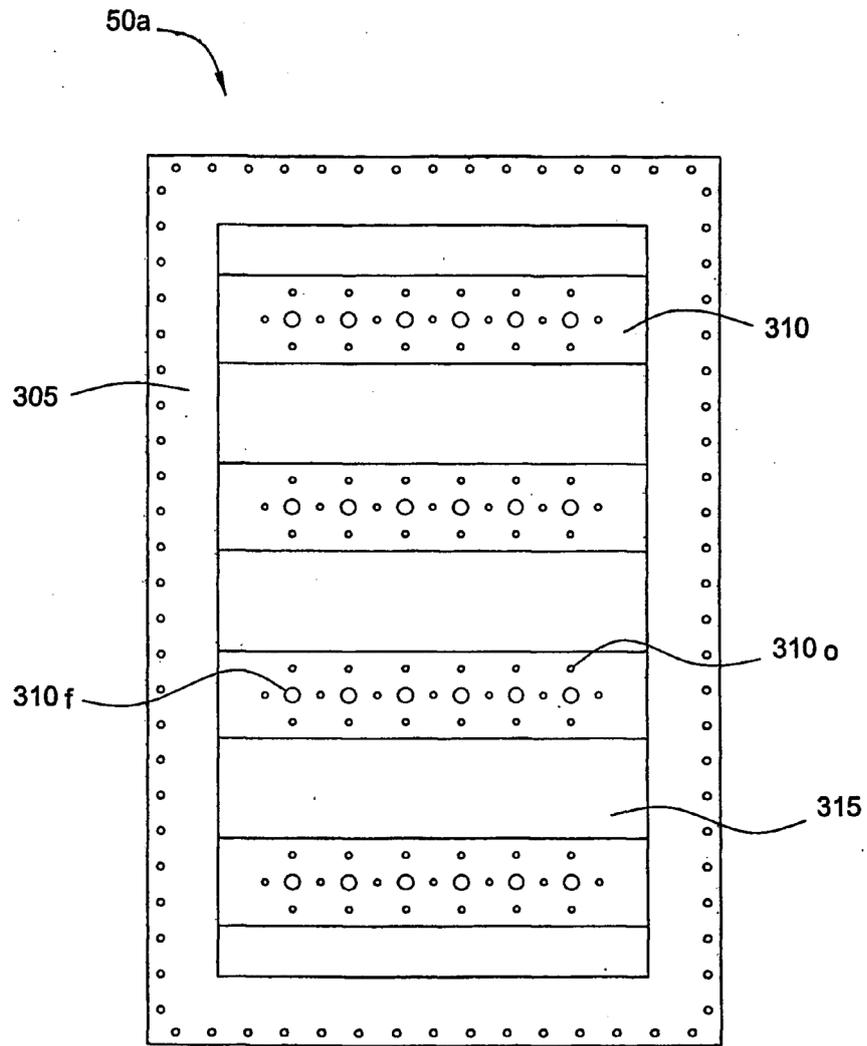


FIG. 3

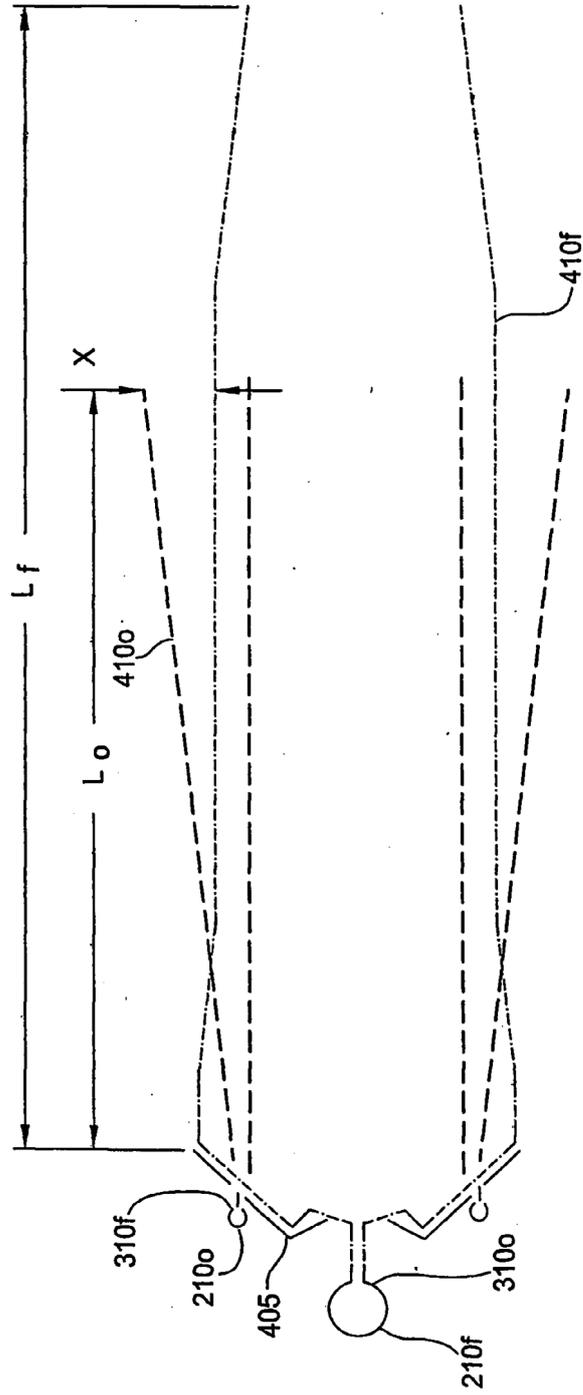


FIG. 4