

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

(19) ES	(11) NUMERO	(10) A1
(21)	445.60	
(22)	FECHA DE PRESENTACION	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
549.598	12 Febrero 1975	U.S.A.
549.600	12 Febrero 1975	U.S.A.
549.601	12 Febrero 1975	U.S.A.
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H03A	
(54) TITULO DE LA INVENCION		
"PERFECCIONAMIENTOS EN PLANTAS MOTRICES PARA GENERAR ELECTRICIDAD"		
(71) SOLICITANTE (S)		
UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
1 Financial Plaza Hartford, CT 06101 (EE.UU.)		
(72) INVENTOR (ES)		
Michael Bernard Landau Ronald Cohen David Peter Bloomfield		
(73) TITULAR (ES)		
UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION		
(74) REPRESENTANTE		
D. JAIME ISERN CUYAS, Agente Oficial de la Propiedad Industrial		



MEMORIA DESCRIPTIVA

Este invento se refiere a plantas motrices y más particularmente a plantas motrices productoras de electricidad que utilizan pilas de combustible en calidad de fuente de energía.

5.

En el arte de la pila de combustible existen tres métodos generales para mejorar el funcionamiento de las células de combustible. Un método consiste en aumentar la temperatura con la que funciona la pila de combustible. Sin embargo, este método viene limitado por

10.

la corrosión del material y, en las pilas de electrolito ácido, por la evaporación. Un segundo método consiste en intentar aumentar la cantidad de catalizador por cm^2 de área. Sin embargo, este método está limitado por el mayor

15.

consumo y limitaciones prácticas en la cantidad de catalizador que puede eventualmente disponerse sobre cierta área del electrodo. Un tercer método consiste en aumentar la presión de los reactivos en el interior de la pila

20.

de combustible. Es bien conocido en el arte que las pilas de combustible funcionan mejor cuando aumenta la presión del reactivo. Uno de los principales obstáculos de este método consiste en que requiere considerable energía para someter a presión los reactivos. Por ejemplo

25.

se ha considerado que la energía que somete a presión los reactivos debe ser la energía eléctrica producida por la pila de combustible; esta energía eléctrica se utilizaría para accionar un compresor. El problema radica en que emplea alrededor del 30% de la energía eléctrica del grupo de pilas para accionar un compresor con el fin de



- obtener una presión razonable del reactivo. Esto supone que tendría que aumentarse el tamaño de la pila en al -
rededor del 50% para completar la pérdida de la energía eléctrica utilizable. Debido a que un grupo de pilas de combustible constituye el componente más costoso de una planta motriz de pilas de combustible, el aumento del rendimiento queda desplazado por el mayor coste debido al mayor tamaño de la pila. Debido a que se aumenta el rendimiento total de energía eléctrica del grupo de pilas
5. tendrán que aumentarse, proporcionalmente, otros componentes de la planta motriz, tal como el aparato condensador y el aparato de acondicionamiento de combustible. Esto aumenta adicionalmente el tamaño y costo de la planta motriz. Por otra parte, otras desventajas aparentes del sistema de planta motriz que utiliza reactivos a alta presión son el coste del equipo adicional para someter a presión los reactivos, la necesidad de organizaciones de sellado más costosas y el coste adicional originado por la necesidad de utilizar componentes más resistentes que contengan presiones superiores. En vista de las consideraciones precedentes, con respecto a las plantas de energía que utilizan aire en calidad de oxidante, se ha considerado siempre que no puede obtenerse una ventaja neta, y más probablemente, se producirá una neta desventaja con las plantas motrices que utilizan reactivos a elevado presión en el grupo de pilas de combustible. Por los motivos antes expuestos, hasta el presente estas plantas motrices de pilas de combustible han utilizado siempre reactivos a la presión atmosférica.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.



Un objeto del presente invento consiste en una planta de energía de pilas de combustible, económicamente atractiva, que funciona con reactivos bajo presión.

5. Otro objeto del presente invento estriba en una planta motriz de pilas de combustible más eficaz.

10. Un objeto ulterior del presente invento estriba en una planta motriz de pilas de combustible que en comparación con una planta motriz de pilas de combustible de capacidad similar, es de menor tamaño y es de menor coste en general.

15. Por consiguiente, el presente invento consiste en una planta motriz generadora de electricidad que utiliza pilas de combustible en donde el oxidante se suministra a las pilas de combustible a elevada presión a partir del aparato compresor que es accionado por energía perdida producida por la planta motriz. Típicamente esta energía perdida adoptará la forma de gases calientes a presión. Por ejemplo, el aparato compresor puede ser accionado por la energía efluente de corriente de gas de cátodo.

20. En una modalidad preferida se utiliza un reactor regenerador de vapor para tratar el combustible; un quemador proporciona el calor para el reactor. Tanto el aire como el combustible son suministrados a las pilas a elevada presión; la energía en el efluente de corriente de gas de cátodo, el efluente de corriente de gas de ánodo y el efluente del quemador del reactor se utilizan para accionar una turbina que a su vez acciona un compresor para someter a presión la corriente oxidante al cá-



todo.

5. Debido a que la salida de energía eléctrica procedente del grupo de pilas no se utiliza para someter a presión el aire, no existe necesidad de aumentar el tamaño del grupo de pilas de combustible para mantener la capacidad de la planta motriz. De hecho puede tomarse plena ventaja del funcionamiento mejorado en el grupo de pilas de combustible de modo que el grupo pueda producir aún más energía eléctrica sin aumentar su tamaño.

10. En la planta motriz se encuentran otros beneficios hasta ahora desconocidos para hacer aún más atractiva la planta motriz de pilas de combustible diseñada según el presente invento. Por ejemplo, una ventaja del presente invento radica en que permite una reducción del tamaño del aparato recuperador o condensador de agua de la planta motriz según un factor de alrededor de dos o tres. Esto es particularmente importante debido a que el aparato recuperador de agua de las plantas motrices de pilas de combustible del arte anterior ocupa un volumen aproximadamente tan grande como el grupo de pilas y el aparato de acondicionamiento de combustible combinados.

15.

20.

25. En una modalidad del presente invento se elimina por completo la necesidad de disponer de un aparato recuperador de agua. Según otra modalidad del presente invento el agua para el equipo de tratamiento de combustible se obtiene condensándola por separado de los gases efluyentes de cátodo y los gases efluyentes de ánodo. Después que el agua se condensa de los gases efluyentes de ánodo se alimentan los gases secos en el quemador del



reactor. Luego se combinan los gases efluyentes del quemador del reactor con los gases secos efluyentes de cátodo y se suministran a la turbina. Según se explicará de forma más completa en la descripción de las realizaciones preferidas, la condensación del agua de la corriente de gas efluente de ánodo, antes de pasar a través del quemador del aparato acondicionador de combustible, no resultó práctico en las plantas motrices sin presión del arte anterior, sino que es particularmente ventajoso en una planta motriz de conformidad con el presente invento.

Según se ha indicado anteriormente, en una modalidad del presente invento se contempla que aumente la presión del aire de cátodo mediante un compresor accionado por una turbina (o sea un turbosoplador). La turbina es accionada por los gases efluyentes procedentes del quemador del reactor regenerador de vapor y la pila de combustible. En el funcionamiento de energía parcial una porción del aire comprimido procedente del turbosoplador, que de otro modo se dirigiría al espacio de gas de cátodo y a otros componentes de la planta motriz, es desviada entorno de la pila de combustible y se dirige a través de la turbina junto con los otros gases efluyentes de la planta motriz. Durante el funcionamiento de energía parcial se utiliza un quemador auxiliar para aumentar la temperatura de los gases que penetran en la turbina. Así pues, el flujo de masa y el contenido de calor de los gases que accionan la turbina es el mismo a potencia parcial que a toda potencia, de modo que el compresor puede ser accionado a la misma velocidad, pudiéndose de este



- modo ser bombeado aire con la misma presión elevada a potencia parcial como a potencia total. Este aspecto del presente invento permite que la pila de combustible funcione a potencia parcial con menos aire que a potencia total, al tiempo que se mantiene la misma presión de aire que cuando se utiliza a toda potencia. Esto es necesario cuando las ventajas de una planta motriz a presión deben mantenerse a su nivel máximo con funcionamiento a potencia parcial, tal como se explicará de forma más completa en la descripción de las realizaciones preferidas.
- 5.
- 10.

- Los objetos precedentes y otros objetos, características y ventajas del presente invento resultarán más evidentes a la luz de la descripción detallada que sigue de sus realizaciones preferidas, tal como se ilustra en los dibujos que se acompañan.
- 15.

- La figura 1 es una representación esquemática de una planta motriz de conformidad con el presente invento.
- 20.

- La figura 2 es una vista en sección transversal de un turbosoplador que puede utilizarse en las plantas motrices del presente invento.

- Las figuras 3, 4 y 5 son representaciones esquemáticas de plantas motrices de conformidad con realizaciones alternativas del presente invento.
- 25.

- La figura 6 es una gráfica que ilustra el funcionamiento de las pilas de combustible utilizadas en las plantas motrices del presente invento.

La figura 7 es una gráfica que ilustra el funcionamien-



to de los reactores regeneradores de vapor utilizados en las plantas motrices del presente invento.

La figura 8 es una gráfica que ilustra el funcionamiento del conversor de cambio a varias presiones.

5.

Se considera, como modalidad de ejemplo del presente invento, la planta motriz despiezada esquemáticamente en la figura 1. La planta motriz está designada, de forma general, con el número 10 e incluye un grupo de pilas de combustible, designado de forma general con 12, el aparato compresor, designado de forma general con el número 14, el aparato de acondicionamiento de combustible designado, de forma general, con el número 16, un condensador 18, una caldera 20, un regenerador 22 y un divisor de flujo o caja de control de aire 25.

10.

15.

20.

25.

El grupo de pilas de combustible 12 puede comprender cualquier tipo convencional de pilas de combustible que operen con reactivos gaseosos. En esta realización el oxidante es el aire y el combustible es hidrógeno, pero ello se da sólo a título de ejemplo y pueden utilizarse otros oxidantes y combustibles. El grupo 12 comprenderá, generalmente, una pluralidad de pilas de combustible conectadas en serie eléctricamente a través de una carga, pero aquí se muestra en despiece comprendiendo una sola pila 13 con fines de claridad y una porción de control térmico 15.

Según se representa la pila incluye un electrodo de cátodo 24 espaciado de un electrodo de ánodo



26 e incluye una motriz retentora de electrolito 28 entre ambos. En esta modalidad preferida el electrolito es ácido fosfórico líquido, pero el invento no se limita a este producto y se prevén como útiles en una planta de energía diseñada según el presente invento electrolitos ácidos y básicos, así como tipos sólidos de electrolitos tales como electrolitos de óxido metálico o electrolitos de polímero sólido. Los electrodos 24, 26 se conectan en serie a través de una carga 29. Cada pila 13 incluye también un espacio de gas de cátodo 30 en el lateral no electrolito del electrodo de cátodo 24 y un espacio de gas de ánodo 32 en el lateral no electrolito del electrodo de ánodo 26. En esta modalidad el aparato de acondicionamiento de combustible 16 comprende un reactor regenerador de vapor 34 y un quemador de reactor 36. El aparato compresor 14 es un turbosoplador que comprende un compresor 38 accionado por una turbina 40 a través de un árbol 39 y se describirá a continuación con más detalle junto con otros componentes de la planta motriz 10.

20. Siguiendo con la referencia a la figura 1, con el funcionamiento el aire entra en el compresor 38 a través de un conducto 41 y es comprimido. Cualquier presión superior a la atmosférica proporcionará ciertos beneficios en comparación con las plantas motrices sin presión; sin embargo, son deseables unas dos o más atmósferas de presión para que se obtengan beneficios sustanciales para toda la planta motriz.

25. Este aire a presión penetra en la caja de aire 25 a través de un conducto 43. La caja de aire in-



cluye controles y válvulas para proporcionar adecuadamente aire a los diversos componentes. Una porción se dirige al espacio de gas de cátodo 30 a través del conducto 42 y se hace reaccionar electroquímicamente en el interior del electrodo de cátodo 24 con el electrolito de ácido fosfórico de la matriz 28 para producir electricidad y agua, evaporándose cierta parte de agua para penetrar en la corriente de aire que fluye a través de espacio de gas de cátodo 30. El efluente de cátodo húmedo y caliente abandona el espacio de gas 30 a través de un conducto 44 y pasa a través del regenerador 22 y de aquí a través del condensador 18.

El aire de refrigeración penetra en el condensador 18 a través de un conducto 46 y lo abandona en estado caliente a través de un conducto 48. En el condensador 18 el efluente de cátodo se enfría hasta el punto en que se condensa el agua y se recoge para utilizarse en el aparato de acondicionamiento de combustible 16, según se expondrá más adelante. El efluente de cátodo relativamente frío abandona el condensador a través de un conducto 50 y pasa de nuevo por el regenerador 22 en donde recupera parte de su calor perdido. El efluente de cátodo recalentado abandona el regenerador 22, se combina con la corriente de gas efluente de ánodo y la corriente de gas efluente del quemador del reactor. Luego pasa a la turbina 40 a través del conducto 52 y proporciona energía para accionar la turbina 40 que a su vez acciona el compresor 38. En caso necesario puede utilizarse un quemador auxiliar (no re-



5. presentado) con su propio suministro de combustible para sumarse a la energía de la corriente de gas combinada antes de entrar en la turbina 40. Después de atravesar la turbina 40 cualquier energía ulterior en la corriente de gas puede expulsarse a través de un conducto 58 o puede utilizarse en cualquier parte de la planta motriz.

10. En el lateral de ánodo un combustible líquido conteniendo hidrógeno, tal como nafta , cuya presión se ha aumentado por medio de una bomba 60 hasta a alrededor de la misma presión del aire que penetra en el espacio de gas de cátodo 30, se mezcla con vapor en 61 procedente de la caldera 20 y penetra en el reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 62. Aunque no se representa, es preferible que el combustible se atomice cuando se combina con el vapor en 61, de modo que el vapor que
15. penetra en el reactor 34 se encuentre en estado de vapor.

20. En caso de que se desee la caldera 20 puede estar provista con su propio quemador y suministro de combustible, pero tal como se representa aquí, en esta modalidad preferida, la caldera 20 funciona con el calor desperdiciado que produce el grupo 12. Según se representa, un refrigerante, tal como un aceite de silicona, penetra en la porción de control térmico 15 del grupo 12 a través del conducto 64, recoge el calor generado por
25. el grupo 12 y sale a través de un conducto 66. El agua procedente del condensador 18 se introduce en la caldera 20 a través de un conducto 67. El fluido refrigerante penetra en la caldera 20 y cede su calor al agua de la caldera para producir vapor. El fluido refrigerante



abandona la caldera 20 y penetra en un radiador 68 en donde puede expulsarse calor adicional antes del nuevo bombeo del refrigerante al grupo 12 por medio de la bomba 69.

- El combustible es tratado en forma de hidrógeno gaseoso y eventualmente algunas impurezas abandonan el reactor regenerador de vapor 34 por medio de un conducto 70 después de lo cual penetra en el espacio de gas de ánodo 32 de la pila de combustible 13 en donde reacciona electroquímicamente con el electrolito. En esta modalidad la corriente de gas de ánodo se provee como de, aproximadamente, la misma presión que la corriente de gas de cátodo para reducir al mínimo el riesgo de cruce de gas entre los espacios de gas de ánodo y de cátodo. La corriente de gas efluente de ánodo abandona el espacio de gas de ánodo 32 por medio de un conducto 72 y se combina con el efluente de la corriente de gas de cátodo en 73 y el fluente del quemador en 74, después de lo cual la mezcla penetra en la turbina 40 y acciona el compresor 38 tal como se ha indicado anteriormente.
- 5.
- 10.
- 15.

- En esta modalidad el quemador del reactor regenerador de vapor 36 presenta su propio suministro de combustible que se alimenta en el quemador 36 a través de un conducto 75 y se combina con el aire comprimido procedente de la caja de aire 25 que penetra en el quemador a través de un conducto 76. El aire y el combustible combustionan en el quemador 36 y proporcionan calor para el reactor 34. A continuación el efluente de corriente de gas del quemador se combina, a través de un conducto 77, en 74, con los efluentes de corriente de gas de cátodo y
- 20.
- 25.



11 1973

ánodo.

- La característica importante de este invento consiste en el empleo de energía perdida producida por la planta motriz para accionar el compresor, que a su vez comprime el aire u oxidante utilizado en las pilas de combustible. La mayor parte de esta energía se encuentra en forma de gases calientes a presión que proceden de las diversas partes de la planta motriz y se alimentan a una turbina que, a su vez, acciona el compresor. Evidentemente es ventajoso utilizar tanta energía perdida como sea posible con el fin de obtener los máximos beneficios de este invento. Sin embargo, pueden obtenerse aún ventajas sobre el arte anterior cuando el efluente de espacio de gas de cátodo constituye la única corriente de gas caliente a presión que acciona la turbina. Esto significa que los gases efluentes del quemador del reactor y los gases efluentes del espacio de gas de ánodo no se dirigen a la turbina, sino que se expulsan a la atmósfera, o se utiliza su energía para otros fines. Por ejemplo, la energía perdida del quemador puede utilizarse para sobrecalentar el vapor producido por la caldera antes de su entrada en el reactor. Evidentemente, cuando solo se utiliza el efluente de espacio de gas de cátodo para accionar la turbina es muy probable que se necesite un quemador auxiliar (no representado) con su propio suministro de combustible para coadyuvar a la energía de la corriente de gas de cátodo inmediatamente antes de que penetre en la turbina. Asimismo, cuando no se prevea utilizar el efluente de quemador para accionar la turbina es preferible
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.



5. utilizar un quemador de baja presión. Un quemador de baja presión elimina la necesidad de comprimir el suministro de aire para el quemador. Cuando, en este caso, el efluente de espacio de gas de ánodo se utiliza todavía para suministrar combustible al quemador su presión debe reducirse a la atmosférica después de abandonar la pila de combustible y antes de entrar en el quemador, como por ejemplo, con el empleo de un estrangulador.

10. En la modalidad preferida descrita en la figura 1, así como en las modalidades preferidas representadas en las figuras 3, 4 y 5, que se expondrán más adelante, la energía del efluente de ánodo, efluente de cátodo, y efluente de quemador se utilizan para accionar la turbina con el fin de comprimir el oxidante.

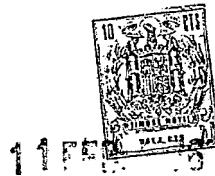
15. Si bien en esta modalidad el agua para el reactor 34 se suministra condensando agua de la corriente de gas efluente de cátodo, cabe la posibilidad de situar la planta motriz cerca de un suministro de agua, tal como un río, lago o gran depósito de agua. En este caso resulta posible eliminar el aparato de condensación y alimentar el reactor con el agua de estas otras fuentes. Ello eliminaría, asimismo, el regenerador 22.

25. Si bien el aparato de acondicionamiento de combustible representado en la modalidad de la figura 1 es solo un reactor regenerador de vapor y quemador de reactor, se preve que el aparato de acondicionamiento de combustible de las plantas motrices diseñadas según el presente invento puede incluir otros componentes tales como un conversor de cambio y/o oxidante selectivo. Las exi -



11

- gencias del aparato de acondicionamiento de combustible dependen en parte del tipo de combustible bruto que se utiliza y del diseño particular de las pilas en el grupo de pilas de combustible. Evidentemente, el aparato de acondicionamiento de combustible puede incluir un generador de hidrógeno de oxidación parcial en lugar de un reactor regenerador de vapor y quemador de reactor. Otras modalidades del presente invento, tal como se ilustran en las figuras 3 y 4 no incluyen algunos de estos otros componentes.
- 5.
10. Como ejemplo de turbosoplador apropiado para utilizarse en una planta motriz diseñada de conformidad con el presente invento se considera el turbosoplador representado en la figura 2. El aire ambiente penetra en un conducto de compresor 200 e incide sobre un impulsor centrífugo monofásico 202 que imparte una velocidad punta al aire. El aire fluye a gran velocidad en un difusor 204 en donde la velocidad punta se transforma en una presión punta. En la modalidad de la figura 1 el aire comprimido abandona el difusor 204 a través de un conducto 43 y,
- 15.
20. después de pasar a través de la caja de aire 25, se introduce en el espacio de gas de cátodo 30 y el quemador de reactor 36. Por otra parte, los gases calientes penetran en una admisión de turbina 206 (tal como a partir del conducto 52 de la figura 1) y fluyen a través de un
- 25.
- rotor de turbina centrífuga 208 que convierte la energía térmica de la corriente de gas en potencia para accionar un árbol 210 conectado al impulsor de compresor 202. Los gases se expulsan a través de un conducto de salida de turbina 212.



- El turbosoplador representado en la figura 2 es solo ilustrativo del tipo de dispositivo preferido para utilizarse en las plantas motrices del presente invento. Puede utilizarse cualquier turbosoplador que se encuentre en el comercio de un tamaño suficiente para proporcionar la velocidad de flujo requerida y la presión requerida por el grupo de pilas de combustible elegido para utilizarse en la planta motriz. Por ejemplo, para una planta motriz de 1200 kilovatios, en donde se desea que los gases reactivos para el grupo de pilas de combustible se encuentren a una presión de unas 3,5 atmósferas, resultará apropiado un turbosoplador Brown Boveri modelo RRL50. Este modelo particular tiene la posibilidad de proporcionar una velocidad de flujo de masa de hasta 1,36 kg/seg. a 3,5 Kg/cm². Si bien el término "turbosoplador" se asocia normalmente con un compresor centrífugo, tal como aquí se utiliza se pretende abarcar también un compresor de flujo axil. Los compresores centrífugos son los preferidos debido a que tienen la ventaja de poseer una elevada efectividad y relaciones de compresión elevadas en una sola fase, que no se encuentran normalmente con los compresores de flujo axil. Asimismo, si bien el turbosoplador de la figura 2 muestra una turbina centrífuga, se prevé también el empleo de turbosopladores que utilicen turbinas de flujo axil en las plantas motrices del presente invento.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

Si bien la representación de la figura 2 es representativa de cuanto se hace referencia típicamente en el arte como un "turbosoplador", el presente invento no



- se limita a este tipo, sino que puede ser cualquier aparato que utilice la energía de un medio gaseoso caliente bajo presión (típicamente gases de escape) para comprimir otro gas. Por ejemplo, puede utilizarse cualquier motor apto para accionar un compresor y que pueda ser autoaccionado por una corriente de gas caliente bajo presión. Asimismo, puede utilizarse un supersoplador Comprex (marca registrada de Brown Boveri & Company, Ltd., Bado, Suiza) que comprime aire por transmisión directa de energía procedente de un gas expansor que utiliza ondas de compresión y de expansión, u otro dispositivo que actue basado en principios análogos. El concepto supersoplador Comprex es bien conocido en el arte y se describe más ampliamente en un folleto ASME 58-GTP-16, titulado "The Comprex.... A New Concept of Diesel Supercharging" de Max Berchtold y F.J. Gardiner, publicado en marzo de 1958.
- 5.
- 10.
- 15.

Otra característica de esta modalidad estriba en que las presiones en los espacios de gas de ánodo y cátodo 30, 32 se mantienen con mayor facilidad equivalentes en vista de que estas corrientes se unen en 73 y deben, evidentemente, tener la misma presión en 73. Pueden eliminarse los reguladores de presión requeridos normalmente para esta finalidad.

- 20.
- 25.
- Con las líneas de conducto de trazos de la figura 1 se representa una versión modificada de la modalidad descrita hasta ahora en la figura 1. En esta modalidad alternativa el efluente del espacio de gas de ánodo 32 se alimenta al quemador 36 a través de un conducto 100 en lugar de combinarse directamente con el efluente

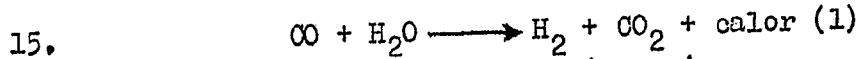


- de corriente de gas de cátodo a través del conducto 72 en 73. El efluente de corriente de gas de ánodo contiene suficiente hidrógeno gaseoso sin quemar de modo que no existe necesidad de que el quemador 36 se alimente con combustible a través del conducto 75. El quemador 36 proporciona el calor para el reactor 34. El efluente del quemador, que en esta modalidad incluye el efluente de corriente de gas de ánodo, pasa a través de un intercambiador de calor o regenerador 101 y luego se combina con el efluente de corriente de gas de cátodo en 102 a través de un conducto 104, en vez de combinarse en 74. Con esta organización se separa el agua del efluente de corriente de gas de cátodo y del efluente de corriente de gas de ánodo en el condensador 18, lo cual es ventajoso debido a que la sola corriente de gas de cátodo no puede ser apta para proporcionar una cantidad suficiente de agua para el reactor 34. Las corrientes combinadas abandonan el condensador 18, recuperan algo del calor perdido en el regenerador 22 y luego pasan a través del regenerador 101, aumentando adicionalmente la temperatura con la recogida de calor del efluente combinado de vapor de gas de quemador/ánodo. Luego la corriente de gas caliente penetra en la turbina 40 que acciona el compresor 38. La función del intercambiador de calor 101 se explicará más ampliamente a continuación cuando la explicación del funcionamiento del condensador 18 se exponga con más detalle.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

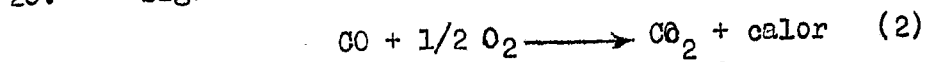
La figura 3 muestra todavía otra modalidad del presente invento. Las referencias numéricas similares a las expuestas en la figura 1 representan los mismos ele-



mentos que los de la figura 1. Esta modalidad es de funcionamiento similar a la versión modificada o modalidad alternativa de la figura 1, pero es algo más compleja en vista de la adición de un conversor de cambio 104 y un oxidante selectivo 106 para el aparato de acondicionamiento de combustible 16 (véase la figura 1). Asimismo, se han adicionado a la planta motriz cuatro intercambiadores de calor adicionales y una caldera de combustible. El conversor de cambio 104 reduce el contenido de monóxido de carbono de la corriente de gas que abandona el reactor 34. En el conversor de cambio el monóxido de carbono más el agua se combinan en presencia de un catalizador para formar hidrógeno y dióxido de carbono más calor según la bien conocida ecuación que sigue :



En el oxidador selectivo se hace reaccionar la mayor parte de cualquier monóxido de carbono restante con oxígeno en presencia de un catalizador para producir dióxido de carbono adicional más calor, según la ecuación siguiente :



El oxígeno para el procedimiento de oxidación selectiva se proporciona en forma de aire comprimido a través del conducto 108 procedente de la caja de aire 25. Las corrientes de gas de ánodo y cátodo combinadas que abandonan el condensador 18 pasan, en esta modalidad, a través de los intercambiadores de calor al interior del oxidador selectivo y del conversor de cambio para recoger el calor adicional producido por estos componentes que de



otro modo se desperdiciaría.

Si bien se representa el aparato de acondicionamiento de aire de esta modalidad con un reactor regenerador de vapor, quemador de reactor, conversor de cambio y oxidador selectivo, el aparato de acondicionamiento de combustible de las plantas motrices diseñadas según el presente invento pueden incluir otros componentes. Las exigencias del aparato de acondicionamiento de combustible dependen en parte del tipo de combustible bruto que se utilice y del diseño particular de las pilas en el grupo de pilas de combustible. Evidentemente, el aparato de acondicionamiento de combustible puede incluir un generador de hidrógeno de oxidación parcial en lugar de un reactor regenerador de vapor y quemador de reactor.

En esta modalidad la energía despreciada del aparato de acondicionamiento de combustible es suministrada a la turbina 40 haciendo pasar los gases efluentes del quemador del reactor en la turbina. Cuando la planta motriz carece de reactor regenerador de vapor y, por tanto, de quemador de reactor, se proporcionarían otros medios para suministrar la energía despreciada del aparato de acondicionamiento de combustible a la turbina, tal como por medio de un intercambiador de calor en relación operable con el aparato de acondicionamiento de combustible y con cualquier otra corriente de gas que se suministre a la turbina.

En las modalidades de la figura 1 el vapor abandona el quemador y pasa directamente al reactor 34 después de recibir combustible del conducto 62. En la moda-

11 FEB



- lidad de la figura 3 el vapor pasa a través de tres intercambiadores de calor antes de entrar en el reactor 34. Primero pasa a través de un intercambiador de calor 116 en donde se supercalienta por medio de calor procedente de la corriente de gas que abandona el conversor de cambio 104. Luego recoge el combustible bruto en 114 y el calor adicional de un intercambiador de calor 118 procedente de aire comprimido (calor de compresión) que fluye a través del intercambiador de calor 118 a través del conducto 76.
5. El combustible y vapor supercalentado pasan luego a través de otro intercambiador de calor 120, después de lo cual aumenta la temperatura de la corriente de gas hasta una temperatura apropiada para la reacción regeneradora de vapor en el reactor 34, que es de unos 538°C. Después de pasar a través del reactor 34, el combustible parcialmente tratado pasa de nuevo a través del intercambiador de calor 120 en donde se devuelve gran parte de su calor.
10. La única otra característica de esta modalidad que difiere de la modalidad alternativa descrita en la figura 1 estriba en el intercambiador de calor 122. El efluente de corriente de gas de ánodo pasa a través del intercambiador de calor 122 a través del conducto 100 y se calienta en éste antes de introducirse en el quemador 36. El quemador proporciona el calor para la reacción regeneradora de vapor en el reactor 34; y se reduce la temperatura de los productos de escape del quemador, que incluyen el efluente de corriente de gas de ánodo, antes de alcanzar el condensador 18, pasando a través de los intercambiadores de calor 101 y 102 con el fin de reducir
- 15.
- 20.
- 25.



al mínimo el trabajo requerido por el condensador 18, tal como se expondrá más adelante.

En el diagrama esquemático de la figura 4 se representa una tercera realización del presente invento.

5. Los elementos que son iguales a los de las modalidades antes descritas tienen las mismas referencias numéricas. El grupo de pilas de combustible tiene una nueva referencia numérica, 300, debido a que no incluye una porción de control térmico como es el caso de las otras modalidades, por motivos que se expondrán más adelante. La propia pila se designa ahora con el número 302 y comprende un electrodo de cátodo 304, un electrodo de ánodo 306, un espacio de gas de ánodo 308, un espacio de gas de cátodo 310 y un electrolito 312.
- 10.

15. Se apreciará que esta modalidad es similar a la modalidad descrita con respecto a la figura 3 por el hecho de que los gases efluentes procedentes del espacio de gas de ánodo 308 se alimentan al quemador de reactor 36 junto con aire procedente del compresor 38. Asimismo, los gases efluentes procedentes del quemador de reactor 36 se combinan con los gases efluentes procedentes del espacio de gas de cátodo y luego se alimentan a la turbina 40 para accionar el compresor 38.
- 20.

25. Otra distinción importante entre esta modalidad y las otras modalidades del presente invento estriba en que el vapor para el reactor regenerador de vapor se obtiene directamente de los gases efluentes de espacio de gas de ánodo sin necesidad de aparato recuperador de agua. Así pues, haciendo referencia a la figura 4, el



- vapor que incluye gases efluentes (o sea, agua) producido en las pilas abandona el espacio de gas de ánodo a través de un conducto 314 y luego pasa a través de los medios de válvula 316. Los medios valvulares 316 dirigen una porción de los gases al quemador de reactor 36 a través de un conducto 318 y una porción de los gases al reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 320. Esta última porción, que incluye vapor, se mezcla en el reactor 34 con combustible no tratado bajo presión suministrado al reactor 34 a través de un conducto 322. El combustible parcialmente tratado abandona el reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 324, se reduce la temperatura en un radiador 326 y pasa a un convertor de cambio 104 para el ulterior tratamiento. El combustible tratado abandona el convertor de cambio 104 y se alimenta a otro radiador 328 a través de un conducto 330 para la ulterior reducción de la temperatura de los gases antes de que sean suministrados al espacio de gas de ánodo a través del conducto 332.
5. vapor que incluye gases efluentes (o sea, agua) producido en las pilas abandona el espacio de gas de ánodo a través de un conducto 314 y luego pasa a través de los medios de válvula 316. Los medios valvulares 316 dirigen una porción de los gases al quemador de reactor 36 a través de un conducto 318 y una porción de los gases al reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 320. Esta última porción, que incluye vapor, se mezcla en el reactor 34 con combustible no tratado bajo presión suministrado al reactor 34 a través de un conducto 322. El combustible parcialmente tratado abandona el reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 324, se reduce la temperatura en un radiador 326 y pasa a un convertor de cambio 104 para el ulterior tratamiento. El combustible tratado abandona el convertor de cambio 104 y se alimenta a otro radiador 328 a través de un conducto 330 para la ulterior reducción de la temperatura de los gases antes de que sean suministrados al espacio de gas de ánodo a través del conducto 332.
10. vapor que incluye gases efluentes (o sea, agua) producido en las pilas abandona el espacio de gas de ánodo a través de un conducto 314 y luego pasa a través de los medios de válvula 316. Los medios valvulares 316 dirigen una porción de los gases al quemador de reactor 36 a través de un conducto 318 y una porción de los gases al reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 320. Esta última porción, que incluye vapor, se mezcla en el reactor 34 con combustible no tratado bajo presión suministrado al reactor 34 a través de un conducto 322. El combustible parcialmente tratado abandona el reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 324, se reduce la temperatura en un radiador 326 y pasa a un convertor de cambio 104 para el ulterior tratamiento. El combustible tratado abandona el convertor de cambio 104 y se alimenta a otro radiador 328 a través de un conducto 330 para la ulterior reducción de la temperatura de los gases antes de que sean suministrados al espacio de gas de ánodo a través del conducto 332.
15. vapor que incluye gases efluentes (o sea, agua) producido en las pilas abandona el espacio de gas de ánodo a través de un conducto 314 y luego pasa a través de los medios de válvula 316. Los medios valvulares 316 dirigen una porción de los gases al quemador de reactor 36 a través de un conducto 318 y una porción de los gases al reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 320. Esta última porción, que incluye vapor, se mezcla en el reactor 34 con combustible no tratado bajo presión suministrado al reactor 34 a través de un conducto 322. El combustible parcialmente tratado abandona el reactor regenerador de vapor 34 a través de un conducto 324, se reduce la temperatura en un radiador 326 y pasa a un convertor de cambio 104 para el ulterior tratamiento. El combustible tratado abandona el convertor de cambio 104 y se alimenta a otro radiador 328 a través de un conducto 330 para la ulterior reducción de la temperatura de los gases antes de que sean suministrados al espacio de gas de ánodo a través del conducto 332.
20. Asimismo, en esta modalidad se representan intercambiadores de calor 334, 336 para transferir calor desde la corriente de gas de escape de turbina a la corriente de gas de combustible de entrada del quemador de reactor y corriente de aire comprimido, respectivamente, que entran en el quemador de reactor 36. El otro intercambiador de calor 340 tiene la misión de calentar la corriente de gas que entra en el reactor 34. Debe entenderse que el empleo y disposición de los intercambiadores de calor puede variar según sea la planta motriz con respecto a los
25. Asimismo, en esta modalidad se representan intercambiadores de calor 334, 336 para transferir calor desde la corriente de gas de escape de turbina a la corriente de gas de combustible de entrada del quemador de reactor y corriente de aire comprimido, respectivamente, que entran en el quemador de reactor 36. El otro intercambiador de calor 340 tiene la misión de calentar la corriente de gas que entra en el reactor 34. Debe entenderse que el empleo y disposición de los intercambiadores de calor puede variar según sea la planta motriz con respecto a los



componentes particulares utilizados en la planta motriz y las exigencias y disposición de ésta. La disposición de los intercambiadores de calor representada en la figura 4 no tiene por objeto limitar el alcance del presente invento sino que se ofrece tan solo a título de ejemplo.

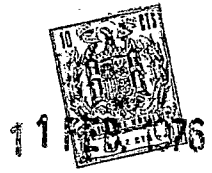
5. El efluente de corriente de gas de ánodo reciclado, además de proporcionar vapor para el reactor 34, se utiliza para enfriar el grupo 300. Esto se lleva a cabo reduciendo la temperatura de la corriente de gas que penetra en el espacio de gas de ánodo 308 a un nivel que se encuentra sustancialmente por debajo de la temperatura deseada a la que debe mantenerse el grupo. La reducción final de la temperatura del gas se lleva a cabo en el radiador 328 y se controla regulando la cantidad de aire refrigerante que pasa al radiador a través de un conducto 341. Una bomba 342 asegura un flujo suficiente de gases de refrigeración a través del espacio de gas de ánodo. La temperatura de la corriente de gas se reduce también por medio del intercambiador de calor 340 y el radiador 326.
10. El radiador 326 reduce la temperatura de los gases que penetran en el conversor de cambio 104, que en esta modalidad es un conversor de cambio de baja temperatura. La reacción de la conversión de cambio es exotérmica y, por consiguiente, aumenta la temperatura de la corriente de gas cuando pasa a su través, lo que requiere el empleo del
15. segundo radiador 328. Una finalidad del intercambiador de calor 340, además de reducir la temperatura de la corriente de gas que abandona el reactor 34, consiste en calentar los gases que penetran en el reactor 34, como ya se
- 20.
- 25.



ha indicado anteriormente. Actualmente, cualquier combinación de los intercambiadores de calor para elevar la temperatura de los gases que penetran en el reactor y para reducir la temperatura de los gases que abandonan el reactor será suficiente mientras que no sea desperdiciada una cantidad sustancial del calor del efluente del reactor.

Según se ha indicado anteriormente es necesario que se lleve suficiente vapor al reactor 34 por los gases efluentes procedentes del espacio de gas de ánodo. Para asegurar suficiente vapor la velocidad de flujo de masa a través del espacio de gas de ánodo se mantiene por medio de la bomba 342. La velocidad de flujo requerida a través del espacio de gas de ánodo y la división requerida entre el quemador de reactor y el propio reactor, controlado por la válvula 316, se determina por la presión de los gases, la eficacia requerida del reactor y la cantidad de combustible requerida en el quemador de reactor para producir suficiente calor para impulsar la reacción regeneradora de vapor al nivel de eficacia deseado.

En la modalidad del presente invento, representada en las figuras 1, 3 y 5, el vapor suministrado al reactor 34 se genera en una caldera dispuesta en el bucle refrigerante del grupo. La presión de los gases que entran en el espacio de gas de ánodo se limita por la presión del vapor que se mezcla, evidentemente, con el combustible. La presión del vapor generada en la caldera depende de la temperatura del refrigerante en el interior del bucle refrigerante, que a su vez está limitada por la temperatura del grupo. Cuando, por ejemplo, se limita



- la temperatura de una pila de ácido fosfórico por problema de corrosión se limita consiguientemente la presión del vapor. La modalidad de la figura 4 carece de esta limitación de presión aún cuando la pila puede utilizar electrolito de ácido fosfórico. Esto es debido a que el vapor se evapora en el espacio de gas de ánodo, 308, independientemente de la presión total en el espacio de gas, en vez de producirse en una caldera accionada por calor desperdiciado de la pila. La continuidad requiere la separación del agua de la pila. El agua debe constituir cierta fracción molar en las corrientes de gas que salen del grupo de pilas. Debido a que la presión de vapor es simplemente la presión total multiplicada por la fracción molar de agua, cuando se aumenta la presión total, la continuidad exige el aumento de la presión del vapor. A una temperatura dada del grupo el electrolito resultará más diluido a medida que aumenta la presión total debido precisamente a este motivo, y se aumentará la presión del vapor de agua por encima de la del electrolito. Así pues, pueden utilizarse, si se desea, presiones de gas reactivo muy superiores, lo que constituye una ventaja de esta modalidad.
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.

La figura 5 muestra otra modalidad del presente invento. Las referencias numéricas similares a las de la figura 1 representan elementos iguales a los de la figura 1. Si bien esta modalidad tiene muchas cosas en común con las modalidades precedentes, incluye determinadas características que aún no se han descrito pero que pueden adicionarse fácilmente a las modalidades de las figuras 1 y 3 en caso que se desee. Una de estas características

- 25.



17 FEB 1943

- se refiere a una modalidad preferida para los aparatos de condensación; esta organización para los aparatos de condensación es solo posible en el sistema a presión del presente invento. La otra característica es la adición del
5. aparato que permite que la planta motriz opere a potencia parcial al tiempo que conserva las mismas ventajas que las obtenidas cuando se opera a potencia total en la planta motriz. Estas dos características se explican con mayor detalle más adelante.
10. Haciendo ahora referencia a la figura 5, la planta motriz incluye un grupo de pilas de combustible designado de forma general con el número 12, el aparato compresor designado de forma general con el número 14, el aparato de acondicionamiento de combustible designado de forma
15. general con el número 16, un quemador auxiliar 17, los condensadores 18, 19, una caldera 20, un radiador 68 y un divisor de flujo de aire o caja de control de aire 25. En esta modalidad, como en la modalidad de la figura 1, el aparato de acondicionamiento de combustible 16 comprende
20. solo un reactor regenerador de vapor 34 y su quemador de reactor asociado 36, si bien el invento no se limita a esta modalidad. Exceptuando el quemador auxiliar 17 y el condensador 19 todos los componentes precedentes se encuentran en la planta motriz representada en la figura 1.
25. Haciendo todavía referencia a la figura 5, con el funcionamiento el aire penetra en el compresor 38 a través del conducto 41 y es comprimido. Este aire a presión pasa a través de una válvula de control de derivación 27 dispuesta en su recorrido hacia la caja de aire



25. Por el momento se considera que la válvula 27 se encuentra en una posición que dirige todo el aire del compresor 38 hacia la caja de aire 25, lo que será el caso cuando la planta motriz funcione a rendimiento total. La caja de aire incluye controles y válvulas para proporcionar adecuadamente el flujo de aire a los diversos componentes, tal como sucede en las otras modalidades hasta ahora descritas. Una porción se dirige hacia el espacio de gas de cátodo 30, a través de un conducto 42, y al quemador 36, a través de un conducto 76. El efluente de cátodo húmedo y caliente abandona el espacio de gas 30 a través de un conducto 44 y penetra en el condensador 18. El efluente de cátodo se enfría en el interior del condensador 18 hasta el punto que se condensa el agua y es recogida para su uso en el aparato de acondicionamiento de combustible 16, según se expondrá más adelante. El efluente de cátodo abandona el condensador 18 a través de un conducto 50 y se combina en 51 con la corriente de gas efluente procedente del quemador de reactor 36 y pasa con ésta a la turbina 40, proporcionando así la energía que acciona la turbina 40, que, a su vez acciona el compresor 38.

- Si bien no se representa en esta modalidad, la planta motriz puede incluir un regenerador similar al regenerador 22 representado en la figura 1 y por el que puede pasar el efluente de cátodo antes de penetrar en el condensador 18 y después de abandonar, tal como sucede en la modalidad de la figura 1.

En el lateral de ánodo el combustible a presión se mezcla con vapor a presión en 61 y penetra en el reac-



- tor regenerador de combustible 34. El combustible tratado abandona el reactor regenerador de vapor 34 por medio del conducto 70, después de lo cual penetra en el espacio de gas de ánodo 32. La corriente de gas de ánodo se encuentra a, aproximadamente, la misma presión que la corriente de gas de cátodo para minimizar el riesgo del cruzamiento de gases entre los espacios de gas de ánodo y cátodo. El efluente procedente del espacio de gas de ánodo 32 se alimenta al condensador 19 y de aquí se alimenta al quemador 36. El efluente de corriente de gas de ánodo contiene suficiente hidrógeno gaseoso sin quemar de modo que no existe necesidad de que el quemador 36 tenga un suministro de combustible independiente. El quemador 36 proporciona el calor para el reactor 34. El efluente quemador, que incluye el afluente de corriente de gas de ánodo, se combina en 51 con el efluente de corriente de gas de cátodo, tal como se ha indicado hasta ahora, después de lo cual penetra en la turbina 40.
- 5.
- 10.
- 15.

- Si bien en esta modalidad el efluente de espacio de gas de ánodo se representa penetrando en el quemador 36 y proporcionando el combustible para éste, puede ser más deseable, en ciertas ocasiones, que no pase el efluente de ánodo al quemador sino que se combine, por el contrario, directamente con el efluente procedente del espacio de gas de cátodo en el conducto 50. En este caso el quemador deberá proporcionarse con su propio suministro de combustible.
- 20.
- 25.

Considerando ahora que se desee hacer funcionar la planta motriz a potencia parcial. Durante el fun-



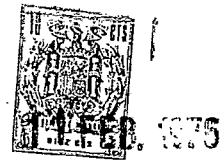
- cionamiento con potencia parcial las pilas de combustible necesitan menos combustible y menor aire. Asimismo, las pilas producirán menos agua. Cuando la masa de flujo del aire que fluye a través del espacio de gas de cátodo no se reduce durante la potencia parcial, entonces, debido a que se produce menos agua por la pila, la presión parcial de agua en la corriente de gas de cátodo será notablemente inferior a la de potencia total. Esto es muy indeseable debido a que presiones parciales muy bajas de vapor de agua en la corriente de gas de efluente de cátodo que fluye a través del condensador 18 hace, por ejemplo, más difícil condensar el agua requerida para el reactor; o bien puede precisarse de un condensador mucho mayor. Asimismo, el grupo no produce tanto calor a potencia parcial como a potencia total y, cuando fluye aire en exceso a través del grupo a potencia parcial, éste puede eliminar excesivo calor del grupo de modo que dicho grupo quede excesivamente frío. Esto podría requerir el empleo de un quemador auxiliar para calentar el grupo hasta una temperatura eficaz de funcionamiento. Esto resulta ineficaz y antieconómico.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

- A continuación se explica de forma más completa una exposición detallada de las ventajas de utilizar reactivos a presión en la planta motriz; sin embargo, cuando estas ventajas deben mantenerse a su nivel máximo durante la potencia parcial es necesario que los reactivos de la pila de combustible se mantengan a la misma presión elevada durante el funcionamiento a potencia parcial que a potencia total. Asimismo, al propio tiempo, es necesario
- 25.



- reducir el flujo de masa de aire a través de los espacios de gas de cátodo de las pilas de combustible para evitar los problemas expuestos en los párrafos inmediatamente precedentes. En la modalidad de la fig. 5 el turbosoplador tiene una geometría fija y, por consiguiente, no es apto para proporcionar la misma presión elevada procedente del compresor con relaciones de flujo de masa inferiores a través de la turbina; y no es apto para proporcionar estas presiones elevadas cuando la temperatura de los gases que accionan la turbina se reduce a potencia parcial. Para que el turbosoplador de geometría fija 14 bombee aire comprimido durante el funcionamiento a potencia parcial, a la misma presión elevada que durante el funcionamiento a potencia total, el flujo de masa a través de la turbina 40 y la temperatura de los gases que fluyen a través de la turbina 40 deben ser aproximadamente iguales con el funcionamiento a potencia parcial que con el funcionamiento a potencia total. Cualquier reducción en la energía de los gases que penetran en la turbina 40 resultará en una velocidad más lenta de la turbina 40 y, por consiguiente, una reducción en la presión de aire, así como en el flujo de masa del aire bombeado por el compresor 38.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

- Podría considerarse una solución al suministrar se el exceso de aire (que se bombea por el turbosoplador a potencia parcial) en el quemador del reactor 36 a través de la caja de control de aire 25. Sin embargo, con potencia parcial el grupo 12 utiliza menos combustible y, por consiguiente, se quema menos combustible en el efluente que abandona el espacio de gas de ánodo y penetra en
- 25.



el quemador 36. Evidentemente, se requiere generar menos calor por el quemador de reactor 36 con potencia parcial; por consiguiente, es necesario menos aire de la caja de aire 25 en el quemador 36 durante la potencia parcial.

5. Cuando el aire en exceso bombeado por el compresor 38 pasa a través del quemador 36 será necesario que el quemador caliente todo el aire para que la temperatura del quemador se encuentre al nivel apropiado. Esto requerirá combustible adicional para el quemador y dará por resultado elevadas ineficacias.

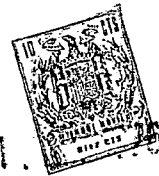
10. Todos los problemas precedentes se evitan con la modalidad de la figura 5. La válvula de derivación 27 es sensible a la corriente producida por la pila de combustible. A potencia total todo el aire procedente del compresor 38 pasa a la caja de aire 25. Cuando se reduce la potencia la válvula 27 se abre para derivar parte del aire en torno del grupo 12 a través de la patilla de derivación 400. Este aire desviado se combina con el efluente procedente del quemador 36 en 402 y el efluente procedente del espacio de gas de cátodo 30 en 51 y fluye a través de la turbina 40. De este modo el flujo de masa a través de la turbina 40 no se reduce de forma notable con potencia parcial. Si bien la temperatura del efluente procedente del espacio de gas de cátodo y la temperatura del efluente procedente del quemador 36 puede ser igual con potencia parcial que con potencia total, debido a su masa reducida éstos contienen menos calor. Un quemador auxiliar 17 se dispone en la patilla de derivación 400 y calienta el aire derivado hasta una temperatura



ra suficiente de modo que cuando se combina con las otras corrientes de gas efluente el contenido de calor (así como la masa) de la corriente combinada que penetra en la turbina será aproximadamente igual que con potencia total.

5. Cuando no existe quemador auxiliar 17 entonces el aire derivado reduce la temperatura del gas que penetra en la turbina 40, lo que a su vez reduce la velocidad de la turbina 40 y, a su vez, el flujo de masa y la presión del aire que abandona el compresor 38. El quemador 17 se suministra
10. con combustible a través de un conducto 404 procedente de la misma fuente que el combustible para el reactor 34. Una válvula 406 controla la cantidad de flujo de combustible hacia el quemador 17 y puede responder a cualquiera de una serie de variables del sistema para llegar a la temperatura apropiada de los gases que penetran en la turbina 40.
- 15.

- En caso deseado, el quemador auxiliar puede disponerse en cualquier punto corriente abajo de la patilla de derivación 400, mientras que el aire desviado pase a su través en su recorrido hacia la turbina 40. Por ejemplo, puede disponerse en el conducto 408, tal como se indica mediante la caja 410 en línea de trazos. Sin embargo, un quemador auxiliar dispuesto en el conducto 408 recibe una concentración más diluida de oxígeno que un quemador auxiliar en el conducto 400 ya que el aire derivado se ha mezclado ahora con los diversos gases efluentes que están, por lo general exentos de oxígeno. Resulta más fácil y económico que la combustión se produzca en la patilla de derivación 400. Asimismo, si bien en
- 20.
 - 25.



esta modalidad el quemador auxiliar funciona con combustible bruto, es también factible que funcione con combustible tratado que puede alimentarse por el conducto 70. Sin embargo, esto puede requerir la alimentación de combustible adicional al reactor 34 para compensar la cantidad de combustible utilizado por el quemador auxiliar.

Con el fin de apreciar y comprender de forma más completa las ventajas y funcionamiento del presente invento, debe considerarse la gráfica de la figura 6 que puede utilizarse para comparar el funcionamiento de una pila de combustible que utiliza reactivos a la presión atmosférica frente al funcionamiento de la misma pila de combustible utilizando, por ejemplo, reactivos a unas 3,5 atmósferas de presión total. En esta gráfica 6 el eje de ordenadas representan los voltios de la pila y el eje de abscisas la densidad de corriente, indicando la flecha la dirección en que decrece el tamaño de la pila. Existen diversas variaciones que deben tomarse en consideración cuando se establecen comparaciones entre las pilas. La utilización de reactivo es la proporción de flujo en peso de los reactivos en el ánodo o cátodo que se consume en la pila por la reacción electroquímica dividido por la proporción de flujo en peso de hidrógeno u oxígeno, respectivamente, que entra en la pila. En una pila de combustible que funciona con oxígeno e hidrógeno existe, por tanto, utilización de oxígeno (U_{O_2}) en el cátodo y utilización de hidrógeno (U_{H_2}) en el ánodo. Con la elevación del empleo de reactivo desciende automáticamente la presión parcial de los reactivos en el ánodo y cátodo debi-



- do a que son absorbidos más reactivos de la corriente de gas por libra de flujo de masa a través de la pila; así pues, la cantidad media de reactivo en la corriente de gas sobre la superficie del electrodo es menor de la entrada a la salida. La curva señalada con 1,0 atmósfera en la figu 6 representa el funcionamiento de la pila con una utilización de hidrógeno y utilización de oxígeno particular. La curva de trazo continuo indicada con 3,5 atmósferas representa el funcionamiento de la pila con la misma proporción de utilización de reactivo. Asimismo, las pilas representadas por cada una de estas curvas se estiman que funcionan a la misma temperatura. La ecuación de Tafel bien conocida establece que existirá un aumento en el rendimiento del cátodo (o sea, un aumento en el voltaje) cuando aumente la presión parcial de oxígeno. Esta ecuación se expone a continuación.

$$\Delta V_{\text{cátodo}} = K(\text{mv}) \log \left[\frac{P_{O_2}}{P_{O_2}(\text{ref})} \right] \quad (3)$$

- en donde K es una constante. La ecuación de Nernst establece que se producirá un aumento en el rendimiento de ánodo (o sea un aumento en el voltaje de la pila) cuando se aumenta la presión parcial de hidrógeno. La ecuación de Nernst se expone a continuación

$$\Delta V_{\text{ánodo}} = C(\text{mv}) \ln \left[\frac{P_{H_2}}{P_{H_2}(\text{ref})} \right] \quad (4)$$

en donde C es una constante. Es evidente que para una temperatura constante y para una utilización constante,



un aumento en la presión total de los reactivos produce un aumento en la presión parcial de ambos reactivos conduciendo a una mejora en el funcionamiento de cátodo y ánodo. La mejora total en el funcionamiento de la pila de

5. combustible puede indicarse simplemente como sigue :

$$\Delta V_{total} = \Delta V_{cátodo} + \Delta V_{ánodo} \quad (5)$$

10. La parte izquierda de la ecuación (5) se ilustra por medio de la gráfica de la figura 6 como la diferencia en voltaje entre los puntos A y B con densidad constante de corriente. Por otra parte, en la gráfica de la figura 6 puede apreciarse que operando con presiones de reactivo de 3,5 atmósferas puede disminuirse el tamaño de la pila sin disminuir la salida de tensión de la pila, como sucede operando en el punto C.

15. Las curvas de líneas de trazos en la gráfica de la figura 6 son también representativas del funcionamiento de la pila a 1,0 y 3,5 atmósferas de presión de reactivo, respectivamente, tal como se ha indicado. Estas curvas representan el funcionamiento de pilas similares en todos los aspectos a pilas representadas por las curvas de trazo continuo excepto que las pilas se han diseñado para superior utilización de reactivo. Se apreciará que

20. a 3,5 atmósferas la pila puede funcionar con una utilización superior de reactivo y muestra todavía mejoras sobre el arte anterior, tal como un aumento en el voltaje de la pila operando en el punto B' o un aumento en la densidad de la corriente (o sea, una disminución del tamaño

25.



- de la pila) para el mismo voltaje de pila funcionando en el punto C'. Por otra parte se apreciará que para una pila que utilice reactivos a la presión atmosférica un aumento de la utilización significa un aumento del tamaño de la pila para mantener la misma tensión de la pila o producir una pérdida de tensión para mantener el mismo tamaño de pila. La importancia de la idoneidad de funcionar con superior utilización de hidrógeno sin sacrificar el rendimiento o aumentar el tamaño de la pila resultará evidente en la exposición que se describe más adelante relativa al funcionamiento del reactor regenerador de vapor 34 de la planta motriz de la modalidad preferida.
- 5.
- 10.

- La organización del presente invento según la figura 4 merece especial mención con respecto a mejoras en el funcionamiento de la pila de combustible. En dicha planta motriz existe cierta cantidad de recirculación de dióxido de carbono a través del espacio de gas de ánodo. Esto resulta en una presión parcial del hidrógeno que penetra en el espacio de gas de ánodo que es algo inferior que en las otras modalidades debido al nivel superior de dióxido de carbono en la corriente de gas. Según la ecuación de Nernst (3) esto tiende a hacer descender el funcionamiento de la pila de combustible. Sin embargo, la mejora en el funcionamiento de la pila en el cátodo y las otras mejoras y ventajas de esta modalidad expuestas anteriormente y las expuestas más adelante, tal como la eliminación del aparato de recuperación de agua, todavía hace que esta planta motriz resulte atractivo para ciertas aplicaciones. Asimismo, debido a que con esta particular
- 15.
- 20.
- 25.



5. modalidad del invento la presión no está limitada por la temperatura del grupo pueden utilizarse presiones superiores de reactivo de modo que la presión parcial de hidrógeno que entra en el espacio de gas de ánodo sea superior (en vez de inferior) a la de las otras modalidades, con lo que todavía resulta más atractiva en estas circunstancias.

10. En las pilas de combustible de electrolito de ácido fosfórico del arte anterior que operan sobre 149°C y a la presión atmosférica se produce la evaporación del electrolito de ácido fosfórico. El efecto de la evaporación del ácido estriba en que se requiere la adición regular de ácido durante la vida de la planta motriz. La evaporación del ácido es una función de la proporción de flujo de masa de aire a través del espacio de gas de cátodo. La presión parcial del ácido y la presión de gas total en el espacio de gas de cátodo según la relación siguiente:

15.

$$\text{Pérdida de ácido} = \left\{ \begin{array}{l} \text{proporción de flujo } x \\ \frac{\text{presión de vapor de ácido}}{\text{presión total}} \end{array} \right\} \quad (6)$$

20.

25. De la fórmula anterior resulta evidente que aumentando la presión total de los gases que fluyen a través del espacio de gas de cátodo se reduce la pérdida de ácido. Es también un hecho que aumentando la presión total se produce una disminución de la presión de vapor del ácido debido a la dilución del electrolito, reduciendo adicionalmente la pérdida de ácido. Asimismo, debido a las presiones superiores del reactivo las pilas de combustible incorporadas en las plantas motrices del presente invento



pueden funcionar con utilizaciones de oxígeno superiores y, por consiguiente, la proporción de flujo de aire a través del espacio de gas de cátodo es inferior y se reduce, adicionalmente, la pérdida de ácido. Se ha determinado que

5. los factores que anteceden combinados reducen la pérdida de ácido según un orden de magnitud.

En la figura 7 se representa una gráfica representativa de un funcionamiento de reactor regenerador de corriente. En esta gráfica 7 el eje de las ordenadas re-

10. presenta la eficacia del reactor (η_R) y la flecha sobre el eje de las abscisas indica la dirección en que decrece el tamaño del reactor. La eficacia regeneradora (η_R) se traza sobre el eje vertical y la proporción de flujo de la corriente de gas tratado (W) dividida por el área de

15. transferencia de calor del reactor (A_{hx}) se traza sobre el eje horizontal. Debido a que el término (A_{hx}) está directamente relacionado con el tamaño del reactor, el tamaño del regenerador disminuye cuando se desplaza hacia la derecha a lo largo del eje horizontal. La eficacia del

20. regenerador se define siguiendo la ecuación: .

$$\eta_R = (K) U_{H_2} (\text{alfa. beta}) \quad (7)$$

en donde K es una constante, U_{H_2} es la utilización de hidrógeno en la pila de combustible, y el producto (alfa. beta) es la conversión de combustible en el reactor. La

25. conversión (alfa . beta) de combustible es el porcentaje de carbono en el combustible entrante que se convierte en CO_2 . Esto es representativo de la cantidad de hidrógeno producido en la reacción regeneradora de vapor. En



- la gráfica de la figura 7 se representan curvas de conversión de combustible del 90% y 75% junto con una curva de utilización de hidrógeno señalada con U_{H_2} y una curva de utilización de hidrógeno señalada con U'_{H_2} representando esta última una superior utilización de hidrógeno. Con fines comparativos se considera que U_{H_2} es la misma utilización de hidrógeno que la representada por las curvas de línea continua de la figura 6 y que U'_{H_2} es la utilización de hidrógeno representada por las curvas de trazos de la
5. figura 6. Según se ha expuesto con referencia a la figura 6, las pilas de combustible que utilizan reactivos a la presión atmosférica se limitan a operar con una utilización de hidrógeno particular U_{H_2} para obtener determinado voltaje de la pila para un tamaño de pila particular (o sea, tal como funcionando en el punto A). Eligiendo una particular utilización de hidrógeno se requiere por tanto que el funcionamiento del reactor regenerador de vapor debe coincidir en algún punto con la curva de utilización de hidrógeno U_{H_2} . Es por tanto electiva la mejor combinación de la eficacia del regenerador y tamaño del regenerador para la pila particular. Por lo general, para mantener el tamaño del regenerador dentro de límites razonables la conversión de combustible en los reactores del arte anterior es por lo general del 90%, aproximadamente. Esto pondrá el funcionamiento del reactor regenerador de vapor
10. utilizado con pila de combustible del arte anterior en el punto D. Resulta ahora claro el porqué es importante poder hacer funcionar la pila de combustible con una utilización de hidrógeno superior. Por ejemplo, en una planta
- 15.
- 20.
- 25.

11 FEB.



- motriz diseñada según el presente invento es ahora posible operar a lo largo de la curva $U_{H_2}^1$. Esto permite el empleo de un reactor regenerador de vapor de menor tamaño sin sacrificar la eficacia, debido a que el regenerador puede funcionar con una inferior conversión de combustible. Este punto de funcionamiento se señala con E en la figura 7. Evidentemente, si se desea, el tamaño del reactor puede mantenerse inalterado y la eficacia del regenerador puede mejorarse grandemente, por ejemplo, operando en el punto
5. F. Es importante señalar que si bien existe cierta pérdida del rendimiento de la pila de combustible cuando se opera con utilizaciones superiores (véase la figura 6) el rendimiento de la pila de combustible se mejora todavía en gran manera; y, por otra parte, pueden obtenerse también
10. mejoras significativas en el reactor regenerador de vapor. Esto es contrario a las plantas motrices del arte anterior en donde si bien una superior utilización de reactivo en la pila de combustible puede resultar en beneficio del reactor regenerador de vapor, estos beneficios se ven anulados por el efecto perjudicial sobre el rendimiento de
15. la pila de combustible.
- 20.

- Con respecto a la realización del diseño de una planta motriz según el presente invento será necesario, evidentemente, tratar entre la búsqueda de perfeccionamientos en el funcionamiento del reactor y la búsqueda de
25. perfeccionamientos en el funcionamiento de la pila de combustible. Así pues, la utilización del reactivo, el tamaño de la pila, la tensión de salida de la pila, el tamaño del reactor, la eficacia del reactor y la propor-



ción de conversión del combustible del reactor se eligen según los objetivos de la planta motriz que se diseña.

- En la modalidad preferida se contempla el empleo de nafta en calidad de combustible y que el reactor regenerador de vapor 34 sea del tipo bien conocido que utiliza un catalizador de níquel. Sin embargo, el reactor puede ser cualquier aparato convencional para generar hidrógeno. Por ejemplo, si bien aunque menos eficaz que un reactor regenerador de vapor, puede utilizarse un generador de hidrógeno de oxidación parcial y se beneficiará notablemente de las superiores presiones de gas reactivo. En ciertos casos pueden aún no ser requeridos aparatos de acondicionamiento de combustible, tal como cuando se encuentra disponible hidrógeno puro para utilizarse como combustible para el grupo.

- Con respecto a plantas motrices diseñadas según las figuras 1, 3 y 5 del presente invento, pueden utilizarse condensadores considerablemente menores que los condensadores de las plantas motrices de pilas de combustible del arte anterior. Con una corriente constante existe una cantidad constante de agua producida por la pila de combustible según la ley de Faraday. Esta agua abandona la pila en las corrientes de gas eflyente. Se sabe que la reacción regeneradora de vapor requiere cierta cantidad de agua que, en el arte anterior, como en las modalidades representadas en las figuras 1, 3 y 5 del presente invento, se obtiene, por lo menos en parte, de la corriente de gas de cátodo. Esta agua se separa de la corriente de gas de cátodo mediante un condensador. En las plantas motrices de electrolito de



- ácido fosfórico del arte anterior en donde la corriente de gas se encuentra a la presión atmosférica el punto de rocío de la corriente es tan bajo que para condensar una cantidad suficiente de agua para llevar a cabo la reacción regeneradora de vapor, la temperatura de la corriente de
5. gas que abandona el condensador debe ser, necesariamente, de solo unos pocos grados superiores que el aire de refrigeración ambiente. Por consiguiente se requieren condensadores muy grandes. Según se ha indicado hasta ahora, los
10. condensadores son los componentes mayores de las plantas motrices de pilas de combustible del arte anterior. En las plantas motrices a presión según el presente invento el punto de rocío de la corriente de gas que abandona el espacio de gas de cátodo será considerablemente superior que
15. en el arte anterior debido a la superior presión de la corriente de gas. Por ejemplo, el punto de rocío de una corriente de gas que abandone una pila de 149°C a 3,2 kg/cm² será unos 34°C superior que el punto de rocío de una corriente de gas que abandone un grupo de 149°C a la presión atmosférica. Esto significa que para condensar la misma
20. cantidad de agua la temperatura de la corriente de gas no precisa reducirse a un nivel tan bajo como en los sistemas sin presión. Dicho de otro modo, existirá una diferencia importante entre la temperatura del aire refrigerante del condensador y la temperatura de la corriente de
25. gas que abandona el condensador. Considerando que ambos sistemas con presión y sin presión utilicen aire refrigerante de 32°C, se estima que el tamaño del condensador puede reducirse según un factor de alrededor de dos o tres.



Esta reducción del tamaño del equipo condensador es una de las mayores ventajas del presente invento y contribuye a reducir notablemente el coste de la planta motriz.

- En la versión modificada o modalidad alternativa descrita con respecto a la figura 1, el efluente del espacio de gas de ánodo, después de pasar a través del quemador 36, se combina con el efluente del espacio de gas de cátodo en 102. Esta corriente es muy caliente e incluye considerable cantidad de humedad. Evidentemente, desde el punto de vista del trabajo requerido del condensador 18, es deseable que la temperatura de la corriente de gas que entra en el condensador 18 se aproxime tanto como sea posible al punto de rocío. Cuando la corriente de gas efluente de ánodo abandona el aparato de acondicionamiento de combustible 16 su temperatura puede ser de unos 671°C. Esta sería prohibitiva desde el punto de vista del condensador para combinar estos gases extremadamente calientes con el efluente de corriente de gas de cátodo y pasar directamente a través del condensador. Así pues, estos gases pasan primero a través del regenerador 101 en donde se reduce su temperatura hasta unos 260°C. Estos gases pueden combinarse con los gases procedentes del espacio de gas de cátodo 30. Las corrientes de gas combinadas penetran en el intercambiador de calor 22 y luego vuelve a reducirse su temperatura. Con el fin de que la corriente de gas tenga energía suficiente para accionar la turbina, después de abandonar el condensador se aumenta la temperatura de la corriente de gas hasta unos 316°C haciendo fluir de nuevo la corriente a través de los regenerados 22 y 101.
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.



- En las plantas motrices del arte anterior ocurre con frecuencia que no puede obtenerse agua suficiente para el reactor regenerador de vapor solo del espacio de gas de cátodo. En ciertos casos aún las plantas motrices a presión pueden encontrarse con el mismo problema. En las plantas motrices de célula de combustible del arte anterior que utilizan reactivos sin presión se recupera normalmente agua adicional de la corriente de gas efluente del quemador del reactor. En la modalidad del presente invento representada en la figura 5 el agua adicional necesaria para el reactor regenerador de vapor se recupera del efluente del espacio de gas de ánodo antes de entrar en el quemador del reactor. Esto no es posible en las plantas motrices de pilas de combustible sin presión debido a que la cantidad de agua condensable del efluente del espacio de gas de ánodo sin presión más el fluente del espacio de gas de cátodo sin presión es todavía insuficiente para el reactor regenerador de vapor; el aparato condensador se dispone, por el contrario, corriente abajo del quemador de reactor para que el agua adicional producida en el quemador de reactor pueda recuperarse junto con el agua en el efluente de espacio de gas de ánodo. Esta organización presenta problemas adicionales debido a que la temperatura muy elevada del efluente del quemador de reactor requiere el empleo de un gran intercambiador de calor regenerativo para reducir la temperatura de los gases antes de que penetren en el condensador corriente abajo del quemador de reactor. La planta motriz del presente invento representada en la figura 5 elimina la necesidad de un intercambiador de calor
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.



- regenerativo de este tipo, lo que constituye una ventaja importante del presente invento. El superior punto de rocío (debido a las presiones superiores) de los gases efluentes de espacio de gas de ánodo en la planta motriz del presente invento permite la recuperación de una cantidad suficiente de agua del efluente de espacio de gas de ánodo (antes de que pase al quemador de reactor) con un aparato condensador de tamaño razonable de modo que, cuando se combina con el agua recuperada de los gases efluentes de espacio de gas de cátodo, existe suficiente agua para el reactor regenerador de vapor. La eliminación del agua procedente del efluente de espacio de gas de ánodo antes de que entre en el quemador del reactor contribuye también a reducir el tamaño del reactor regenerador de vapor debido a las superiores temperaturas disponibles en el quemador como resultado de la eliminación de la mayor parte del vapor de agua de la corriente.
- 5.
 - 10.
 - 15.

- La figura 8 es una gráfica del funcionamiento del conversor de cambio con temperatura de corriente de gas constante. Se apreciará que las modalidades de las figuras 3 y 4 incluyen un conversor de cambio. La gráfica muestra que existe una relación directa entre el funcionamiento del conversor de cambio y la presión de los gases de elaboración que fluyen a través del conversor de cambio. Así pues, cuando se opera con superiores presiones de gas existe un aumento en la actividad del catalizador que puede traducirse en una disminución del tamaño del conversor de cambio o, como alternativa, una derivación más completa para el mismo tamaño de conversor de cambio. Pue-
- 20.
 - 25.



de apreciarse fácilmente que la actividad del catalizador derivado se dobla cuando la presión de los gases que fluyen a su través aumenta desde la presión atmosférica hasta unos 4,2 kg/cm². Este funcionamiento del conversor de cambio mejorado constituye otra ventaja de poder operar el grupo de pilas de combustible con elevadas presiones de gas reactivo según el presente invento.

Si bien el invento se ha representado y descrito con respecto a una modalidad preferida de éste, los expertos en el arte comprenderán que pueden llevarse a cabo otros diversos cambios y omisiones en su forma y detalles, sin por ello apartarse del espíritu y alcance del invento.

REIVINDICACIONES

15. Descrito el objeto del presente invento se declaran nuevas y de propia invención las siguientes reivindicaciones con prioridad de la solicitud de patente norteamericana números 549,598 del 12 de febrero de 1975, 549,600 del 12 de febrero de 1975 y 549.601 del 12 de febrero de 1975.

25. 1.- Perfeccionamientos en plantas motrices para generar electricidad, que comprenden un grupo de pilas de combustible que incluye una pluralidad de pilas de combustible conectadas electricamente en serie a través de una carga, presentando cada pila un electrodo de cátodo, un electrodo de ánodo, un electrolito dispuesto entre ambos, un espacio de gas de cátodo en el lateral no electrolítico de dicho electrodo de cátodo y un espacio de gas de ánodo en el lateral no elec-



- trolítico de dicho electrodo de ánodo, caracterizados por comprender medios de compresión accionables por la energía de un medio gaseoso a presión para comprimir aire a una presión superior a la atmosférica, medios para suministrar aire comprimido desde dichos medios de compresión a dicho espacio de gas de cátodo, medios para suministrar combustible a presión a dicho espacio de gas de ánodo y medios para suministrar energía pérdida producida por dicha planta motriz a dichos medios de compresión en forma de un medio gaseoso a presión caliente para accionar dichos medios de compresión.
- 5.
- 10.

- 2.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 1, caracterizados porque dichos medios para suministrar energía perdida producida en dicha planta motriz a dicho compresor comprenden medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dicho compresor.
- 15.

- 3.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 1 y 2, caracterizados porque dichos medios de compresión comprenden un compresor y una turbina, siendo accionable dicha turbina por la energía de un medio gaseoso caliente a presión y estando operativamente conectada a dicho compresor para accionar dicho compresor.
- 20.

- 4.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 3, caracterizados porque dichos medios para suministrar energía perdida producida en dicha planta motriz a dicho compresor incluyen medios para suministrar dicha energía de desecho a dicha tur-
- 25.



bina.

5. 5.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 4, caracterizados porque dichos medios para suministrar energía perdida producida por dicha planta motriz a dicha turbina incluyen medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dicha turbina .

10. 6.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 5, caracterizados por comprender un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor, medios para producir vapor, medios para suministrar combustible sin tratar y vapor a dicho reactor, medios para suministrar efluente desde dicho espacio de gas de ánodo a dicho quemador de reactor para proporcionarle combustible, y porque dichos medios para suministrar combustible a dicho espacio de gas de ánodo incluyen medios para suministrar combustible desde dicho reactor a dicho espacio de gas de ánodo.

20. 7.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 6, caracterizados por comprender un quemador auxiliar y medios para suministrar combustible a dicho quemador auxiliar, y porque dichos medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dicho compresor incluyen medios para suministrar primero dichos gases efluentes a dicho quemador auxiliar para aumentar la energía de dichos gases antes de su alimentación a dicho compresor.

25.



8.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 7, caracterizados porque dicho electrolito es un electrolito ácido y porque dicho combustible incluye hidrógeno.

5. 9.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 1 a 8, caracterizados por comprender un aparato acondicionador de combustible y medios para suministrar combustible a presión a dicho aparato de acondicionamiento de combustible, porque dichos medios para suministrar combustible a presión a dicho espacio de gas de ánodo comprende medios para suministrar combustible tratado desde dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho espacio de gas de ánodo y porque dichos medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dicho compresor comprende medios para suministrar también, por lo menos, una primera porción de los gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo y energía perdida desde dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho compresor.
- 10.
- 15.
- 20.

- 10.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 9, caracterizados porque dicho aparato de acondicionamiento de combustible incluye un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor, incluyendo también la planta motriz medios para producir vapor y para suministrar dicho vapor a dicho reactor, porque dichos medios para suministrar energía perdida desde dicho aparato de acondicionamiento de combustible a
- 25.



5. a dicho compresor incluyen medios para suministrar gases efluentes desde dicho quemador de reactor a dicho compresor y porque dichos medios para suministrar combustible tratado desde dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho espacio de gas de ánodo incluye medios para suministrar dicho combustible desde dicho reactor a dicho espacio de gas de ánodo.

10. 11.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 10, caracterizados porque dichos medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo a dicho compresor incluyen medios para suministrar los gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo a dicho quemador de reactor y porque dichos medios para suministrar aire comprimido a dicho espacio de gas de cátodo incluyen medios para suministrar aire comprimido desde dicho compresor a dicho quemador de reactor.

20. 12.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 6 y 10, caracterizados por comprender un condensador para condensar agua de dichos gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo y porque dichos medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dicho compresor incluyen medios para suministrar primero dichos gases efluentes a dicho condensador, incluyendo dichos medios para producir vapor una caldera e incluyendo asimismo la planta motriz medios para suministrar dicha agua condensada desde dicho condensador a dicha caldera.



11 FEB 1976

- 13.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 12, caracterizados porque dichos medios para suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo a dicho compresor incluyen medios para suministrar primero dichos gases efluentes a dicho quemador de reactor y porque dichos medios para suministrar gases efluentes desde dicho quemador de reactor a dicho compresor incluyen medios para combinar primero dichos gases efluentes del quemador de gas con dichos gases efluentes del espacio de gas de cátodo antes de suministrarse a dicho condensador y porque dichos medios para suministrar dichos gases efluentes del espacio de gas de cátodo a dicho condensador incluyen medios para suministrar dicha combinación de gases efluentes de espacio de gas de cátodo y gases efluentes del quemador de reactor a dicho condensador.
- 5.
- 10.
- 15.

- 14.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 9, caracterizados porque dicho aparato de acondicionamiento de combustible incluye un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor, incluyendo dicha planta motriz medios para suministrar una segunda porción de dichos gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo a dicho reactor regenerador de vapor, incluyendo dichos gases el vapor necesario por dicho reactor regenerador de vapor y porque dichos medios para suministrar energía de desecho desde dicho aparato de acondicionamiento de
- 20.
- 25.



combustible a dicho compresor incluyen medios para suministrar gases efluentes desde dicho quemador de reactor a dicho compresor.

5. 15.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 14, caracterizados por comprender medios de eliminación de calor y porque dichos medios para suministrar combustible desde dicho reactor regenerador de vapor a dicho espacio de gas de ánodo incluyen medios para suministrar primero dicho combustible a dichos medios eliminadores de calor para reducir la temperatura de dichos gases a menos de la temperatura de dicho grupo.

15. 16.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 9, caracterizados porque incluyen medios para derivar, con potencia parcial, una porción del aire comprimido desde dicho compresor entorno de dicho espacio de gas de cátodo y un quemador auxiliar para adicionar calor adicional a los gases que se suministran a dicho compresor y porque dichos medios para suministrar gases efluentes a dicho compresor incluyen medios para suministrar dicho aire comprimido derivado a dicho compresor.

25. 17.- Perfeccionamientos de conformidad con la reivindicación 16, caracterizados porque dicho aparato de acondicionamiento de combustible incluye un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor y porque dichos medios para suministrar energía de desecho desde dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho compresor

A handwritten signature or mark.



incluyen medios para suministrar gases efluentes desde dicho quemador de reactor a dicho compresor:

5. 18.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 16-17, caracterizados porque dichos medios para derivar el aire comprimido entorno de dicho espacio de gas de cátodo incluyen una patilla de derivación y dicho quemador auxiliar se dispone en dicha patilla de derivación para la combustión de dicho aire derivado en su interior.
10. 19.- Perfeccionamientos, de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizados porque el funcionamiento comprende las etapas de: comprimir aire en dichos medios de compresión; suministrar dicho aire comprimido desde dichos medios de compresión a dicho espacio de gas de cátodo; suministrar combustible a presión a dicho espacio de gas de ánodo y suministrar energía de desecho producida por dicha planta motriz a dichos medios de compresión en forma de un medio gaseoso caliente a presión para accionar dichos medios de compresión.
15. 20.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 19, caracterizados porque dicha etapa de suministrar energía de desecho a dicho compresor incluye la etapa de suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dichos medios de compresión.
20. 21.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 19 a 20, caracterizados porque dichos medios de compresión comprenden un compresor y una turbina, estando dicha turbina operativamente conectada a dicho compresor y porque dicha etapa de suministrar energía de

B



desecho a dichos medios de compresión incluyen la etapa de suministrar energía de desecho a dicha turbina.

5. 22.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 19 a 21, caracterizados porque dicha planta motriz incluye un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor y porque dicha etapa de suministrar combustible a presión a dicho espacio de gas de ánodo incluye la etapa de suministrar primero dicho combustible a dicho reactor, 10. incluyendo, asimismo, dicho procedimiento la etapa de suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo a dicho quemador de reactor.

15. 23.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 19 a 22, caracterizados porque dicha etapa de suministrar energía de desecho a dicha turbina incluye la etapa de suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de cátodo a dicha turbina.

20. 24.- Perfeccionamientos, de conformidad con las reivindicaciones 19 a 20, caracterizados porque dicha planta motriz comprende, asimismo, un aparato de acondicionamiento de combustible, incluyendo la etapa de suministrar combustible a presión a dicho aparato de acondicionamiento de combustible y porque dicha etapa de suministrar combustible a presión en dicho espacio de gas de ánodo incluye suministrar combustible tratado desde dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho espacio de gas de ánodo, incluyendo dicha etapa de suministrar energía de desecho a dicho compresor la distribución de, 25. por lo menos, una primera porción de los gases efluentes

~~A~~



de dicho espacio de gas de ánodo y energía de desecho de dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho compresor.

- 25.- Perfeccionamientos, de conformidad con
5. la reivindicación 24, caracterizados porque dicho aparato de acondicionamiento de combustible comprende un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor regenerador de vapor, incluyendo la etapa de suministrar vapor a dicho reactor regenerador de vapor y porque dicha etapa de suministrar gases efluentes desde dicho espacio de gas de ánodo y energía de desecho de dicho aparato de acondicionamiento de combustible a dicho compresor incluye las etapas de suministrar primero dichos gases efluentes de espacio de gas
10. de ánodo a dicho quemador de reactor y suministrar los gases efluentes desde dicho quemador de reactor a dicho compresor.
- 15.

- 26.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 25, caracterizados porque dicha etapa de suministrar vapor a dicho reactor regenerador de vapor incluye suministrar una segunda porción de los gases efluentes del espacio de gas de ánodo a dicho reactor regenerador de vapor.
- 20.

- 27.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 26, caracterizados porque comprende la etapa de eliminar el calor del combustible tratado antes de suministrar el combustible a dicho espacio de gas de ánodo para reducir la temperatura a menos de la temperatura deseada de dicho grupo.
- 25.

[Handwritten mark]



28.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 25, caracterizados porque dicho aparato de acondicionamiento de combustible comprende un reactor regenerador de vapor y un quemador de reactor para proporcionar calor a dicho reactor regenerador de vapor y porque antes de la etapa de suministrar dichos gases efluentes y energía de desecho a dicho compresor comprenden las etapas de combinar los gases efluentes procedentes de dicho quemador de reactor con los gases efluentes procedentes de dicho espacio de gas de cátodo, condensar el agua procedente de dichos gases efluentes combinados, convertir dicha agua condensada en vapor utilizando calor de desecho de dicho grupo y suministrar dicho vapor a dicho reactor regenerador de vapor.

15. 29.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 25, caracterizados porque la planta motriz incluye medios de quemador auxiliares, incluyendo las etapas de 1) derivar, con potencia parcial, una porción del aire comprimido procedente de dichos medios de compresión entorno de dicho espacio de gas de cátodo y entorno de dicho aparato de acondicionamiento de combustible y 2) hacer pasar dicho aire derivado a través de dichos medios de quemador auxiliares y quemar dicho aire derivado en su interior, y porque la etapa de suministrar energía perdida en dichos medios de compresión incluye suministrar dicho aire derivado quemado a dichos medios de compresión.

30.- Perfeccionamientos, de conformidad con la reivindicación 29, caracterizados porque dicha etapa

11 FEB 1976



de suministrar energia perdida a dicho compresor incluye la etapa de combinar los gases efluentes de dicho quemador de reactor, los gases efluentes de dicho espacio de gas de cátodo y el aire derivado quemado y suministrar

5. dichos gases combinados a dicho compresor.

31.- Perfeccionamientos en plantas motrices para generar electricidad.

Según se describe y reivindica en la presente memorias descriptiva, que consta de 58 hojas foliadas y escritas a máquinas por una sola de sus caras y acompañada de los dibujos correspondientes.

10.

Madrid, a 11 FEB 1976

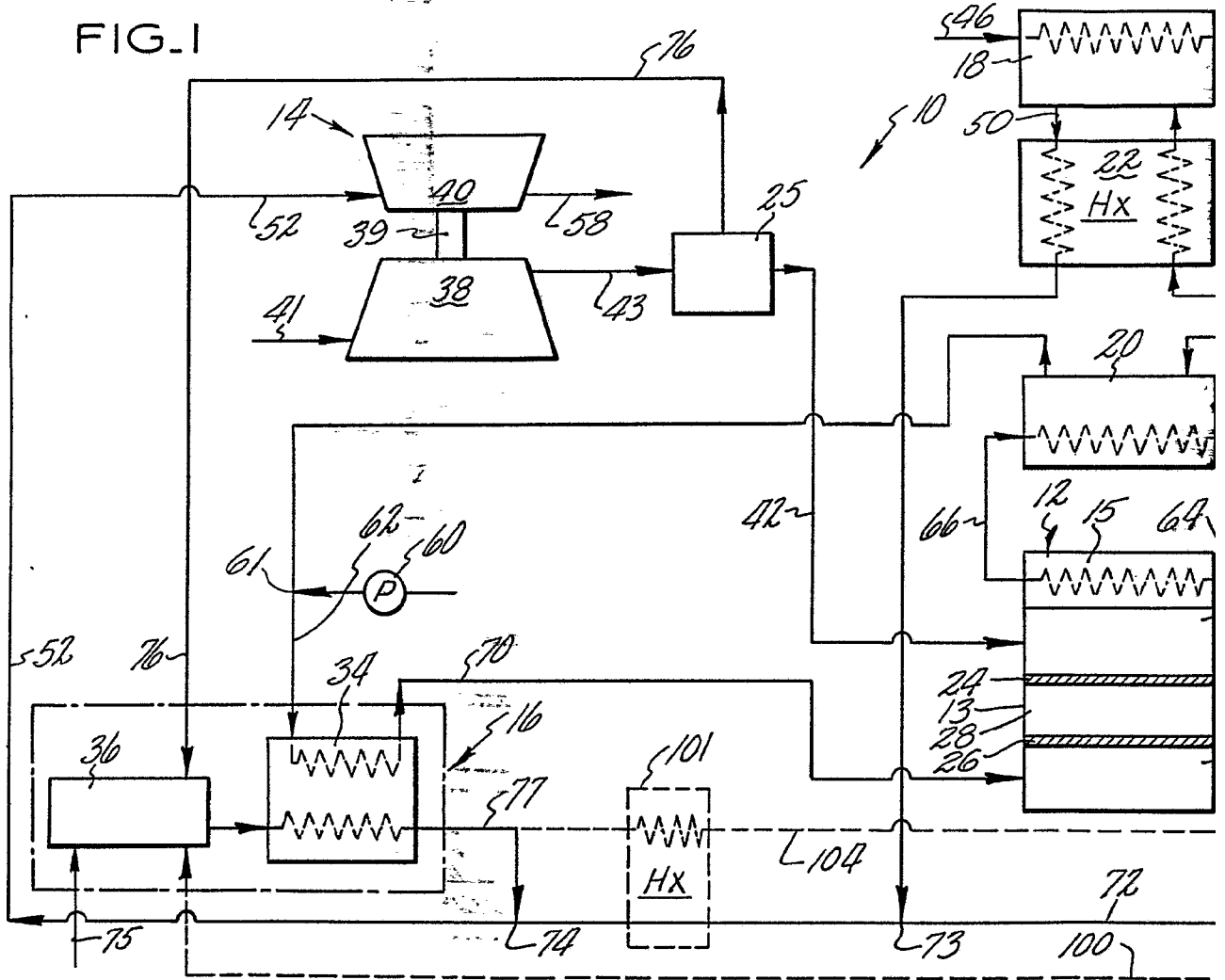
p.a.

JAIMÉ IZETIN

p. p.

Firmado: JOSE L. MORA

01 11 20 11 3 3 3 3



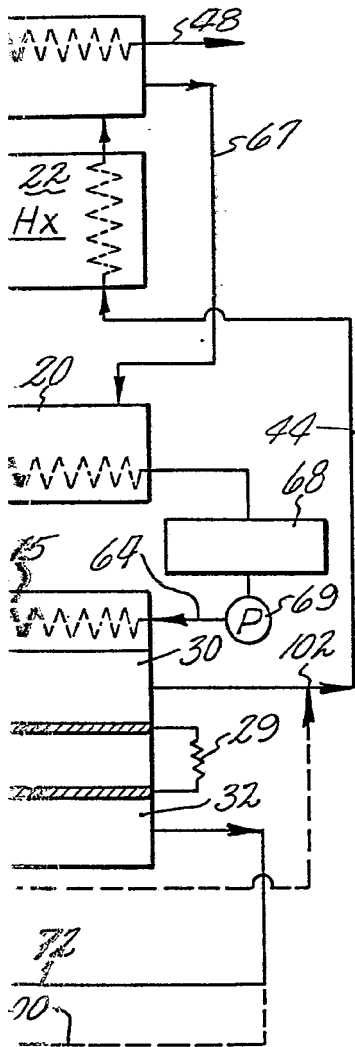
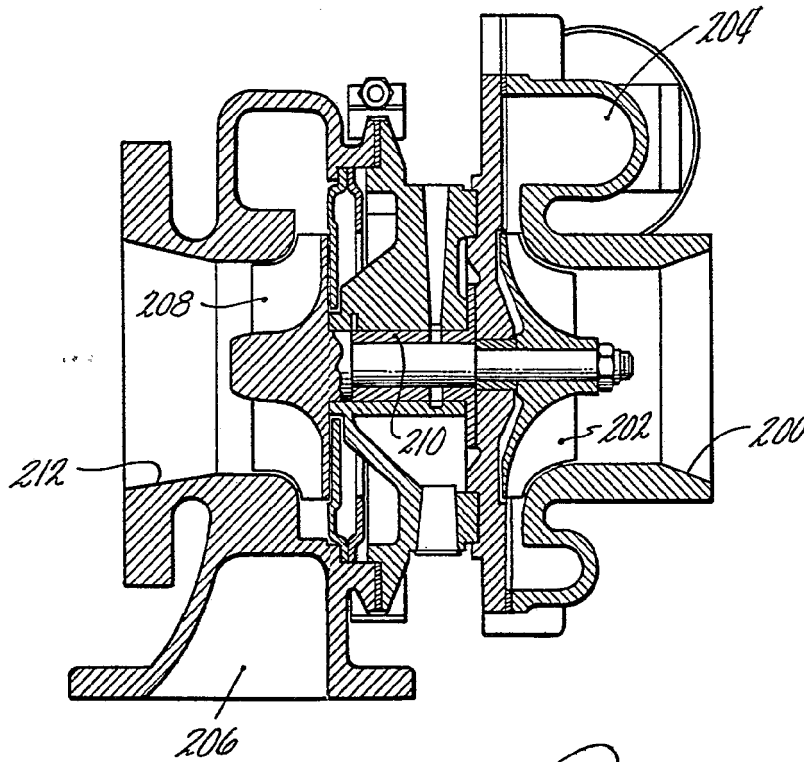


FIG. 2



Madrid, a 11 FEB. 1978
p. a.

JAIMÉ ISEÑI
p. p.

Firmado: JOSÉ L. MORERA

FIG. 3

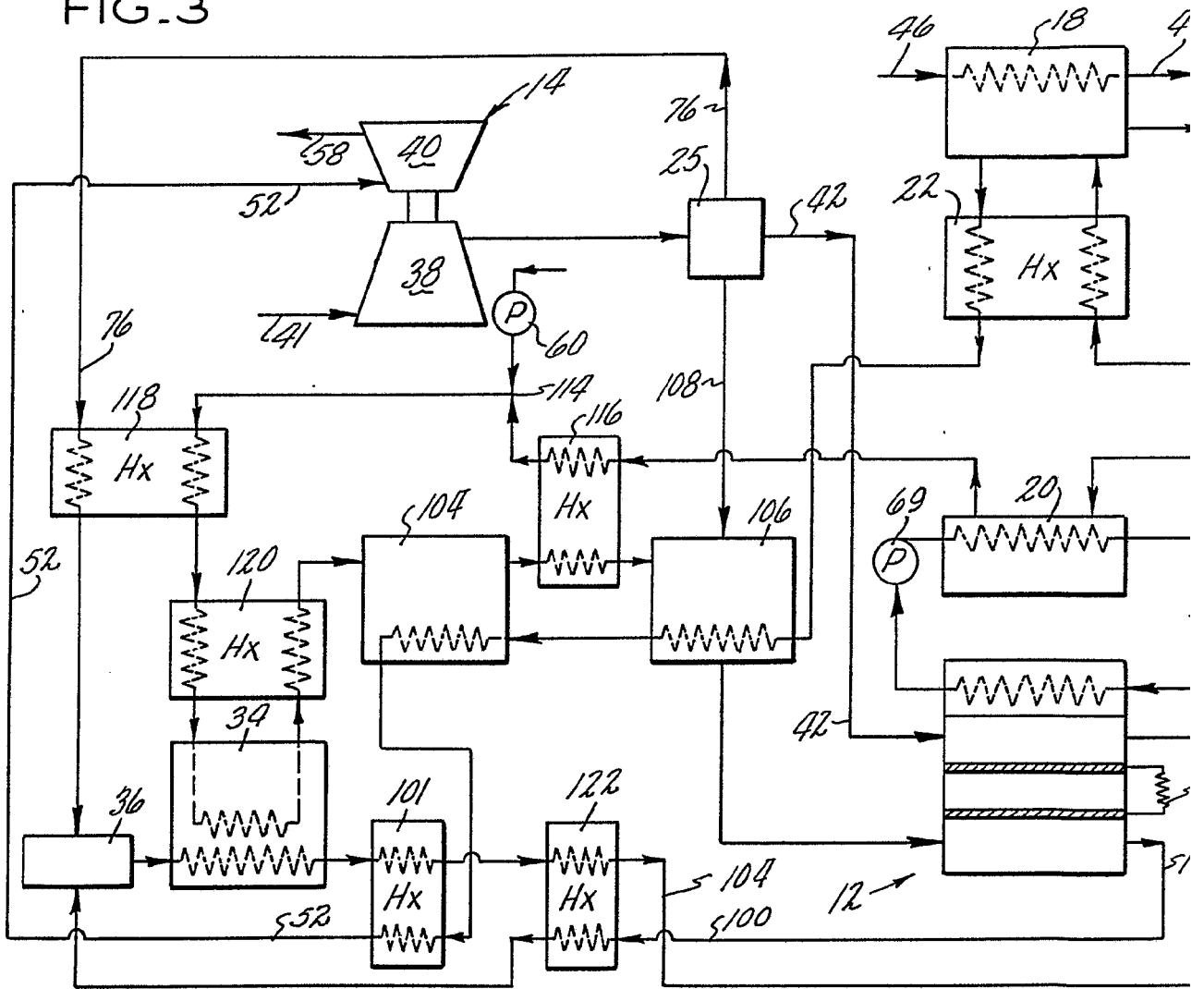




FIG. 7

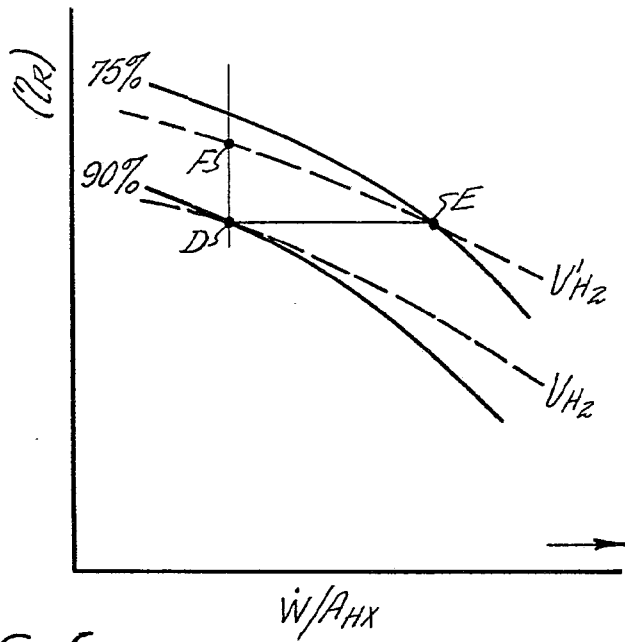
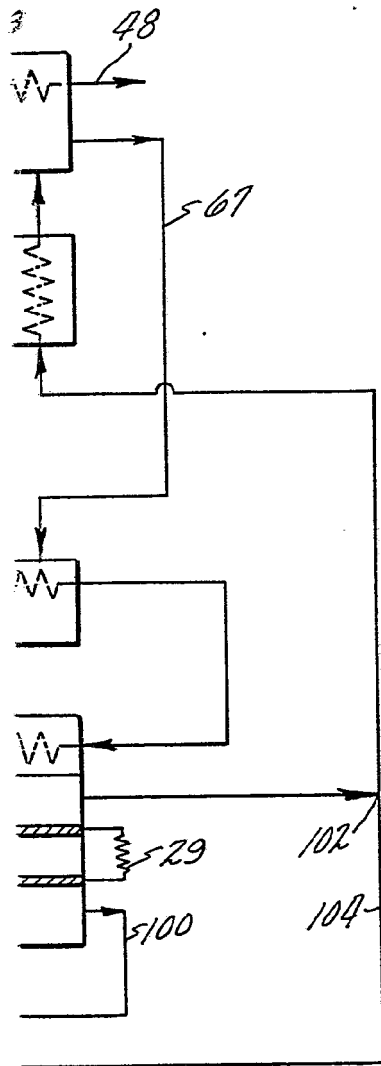
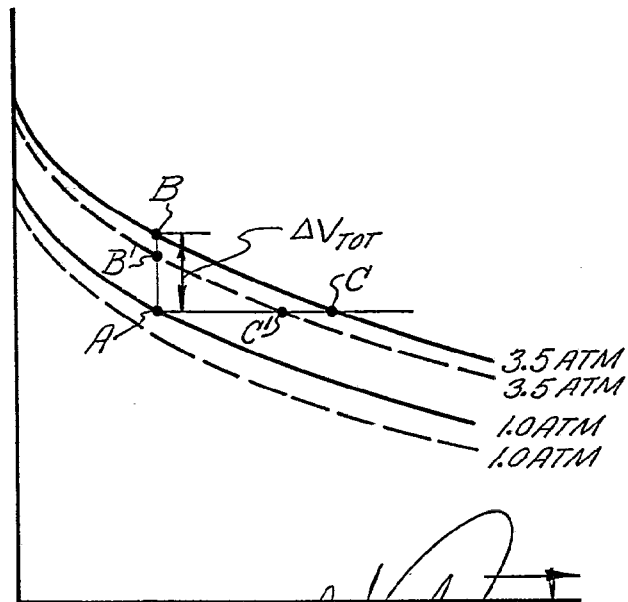


FIG. 6



Madrid, a 11 FEB. 1976
p. a. JAIME BERN

P. P. *[Signature]*

Firmado: JOSE L. MORA

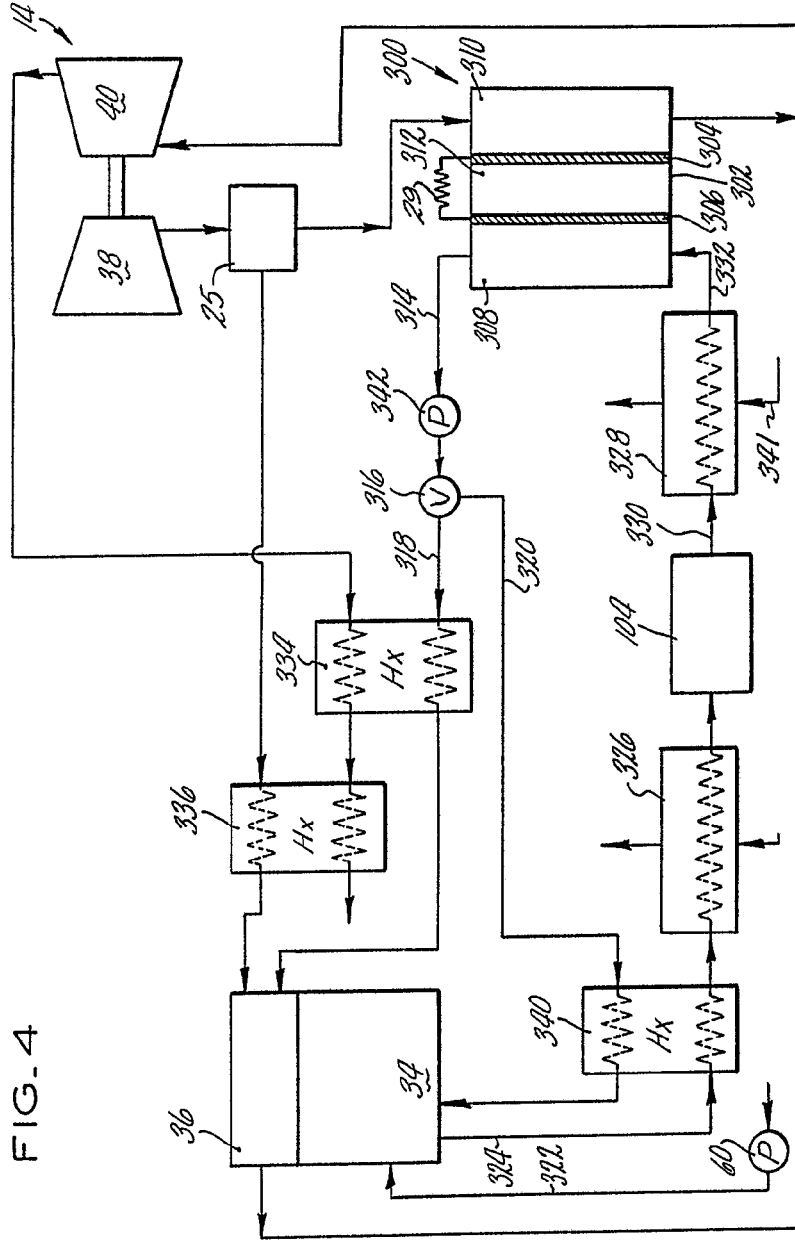
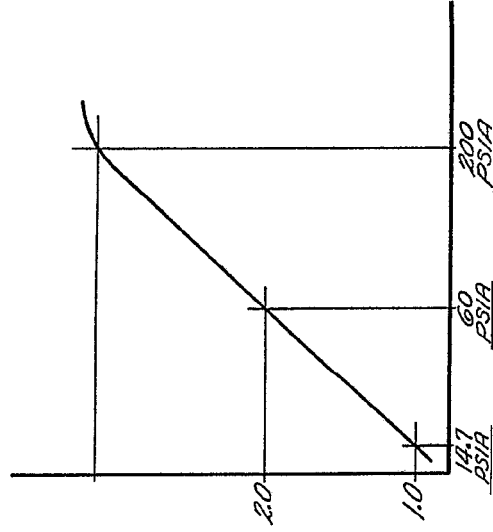


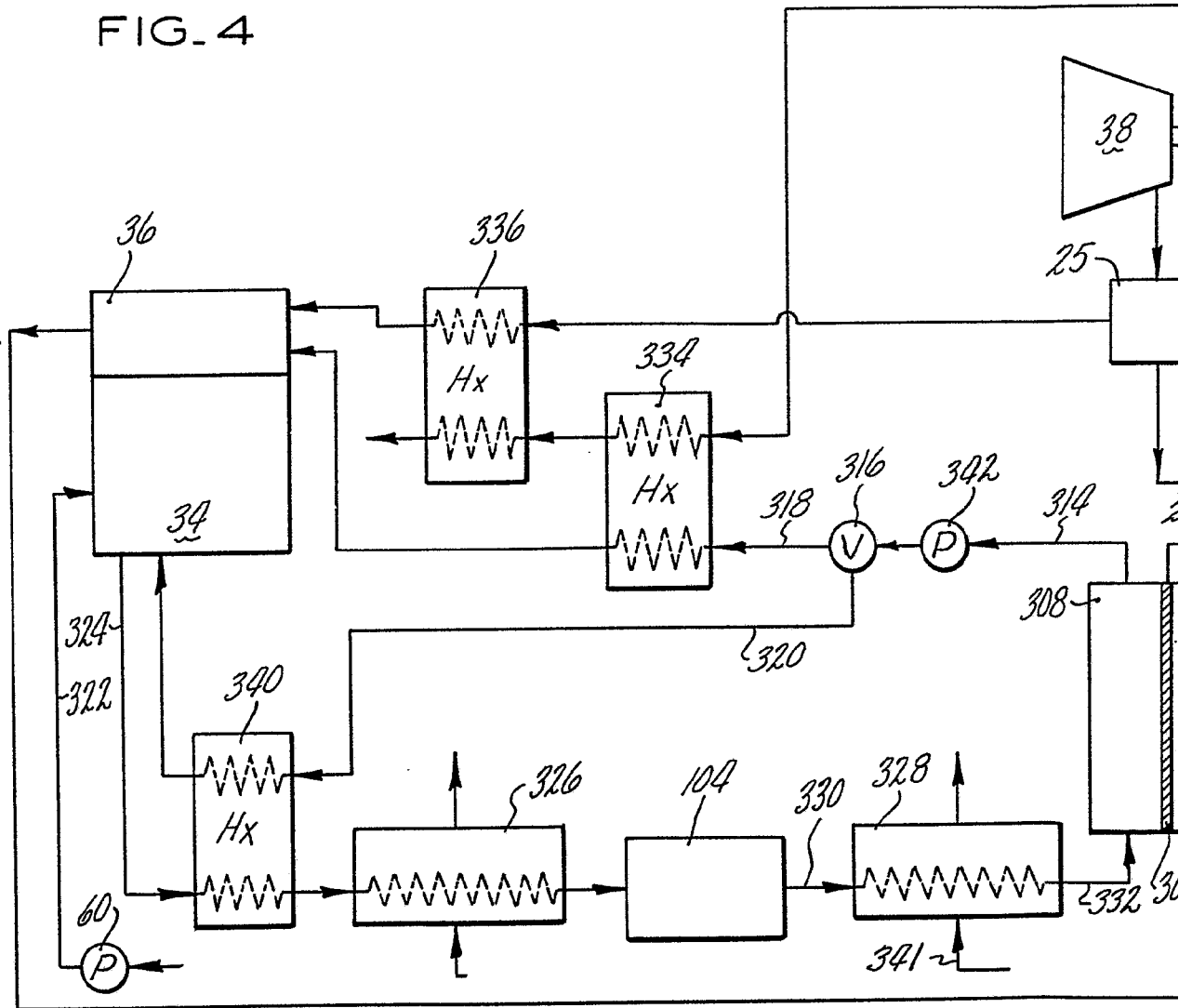
FIG. 4

FIG. 8



Madrid, a 11 FEB. 1976
 P. P. JAIME JAVIER
 Firmador JOSÉ L. MORRA

FIG. 4



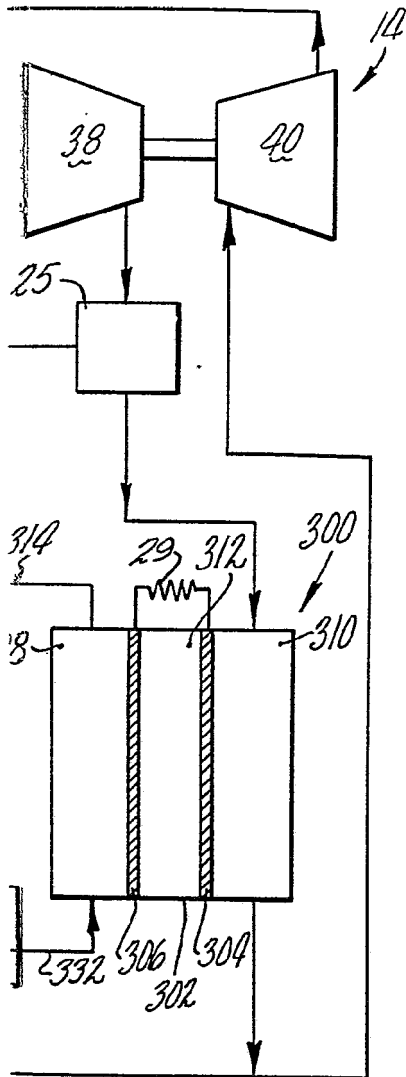
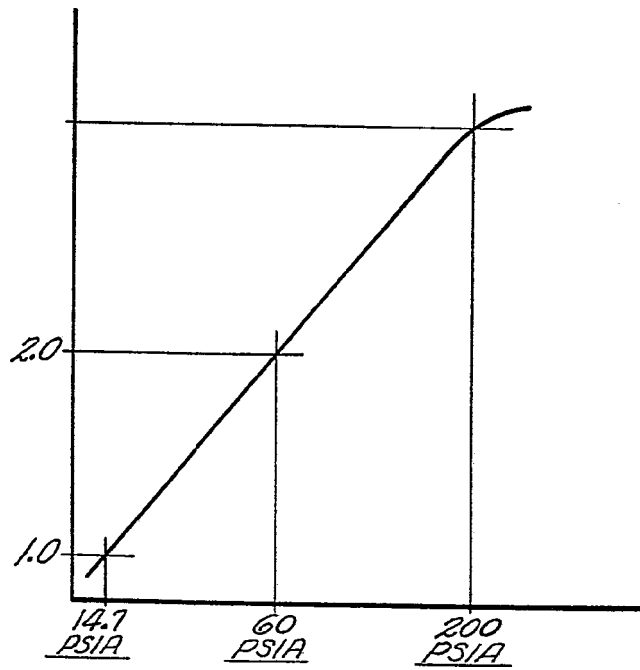


FIG. 8



Madrid, a 11 FEB. 1976
p. a.

p. p.

Firmado: JOSE L. MORA

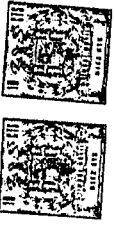
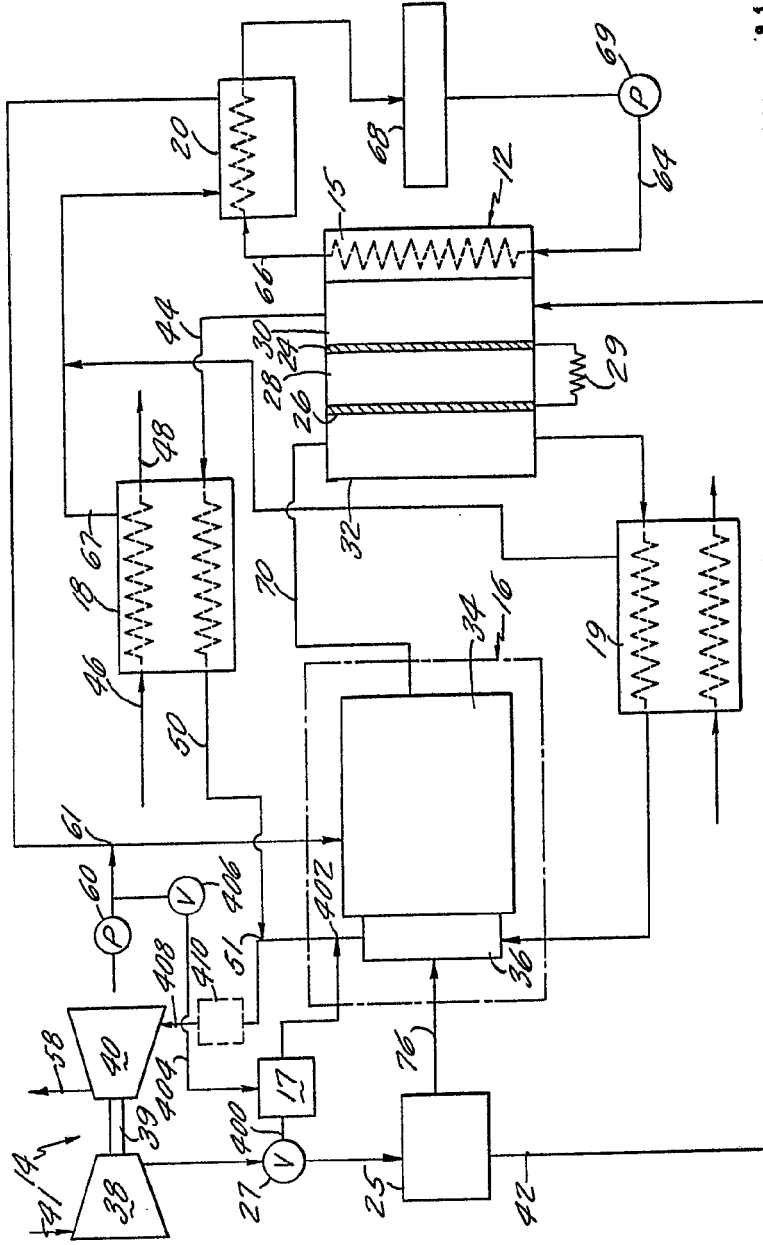
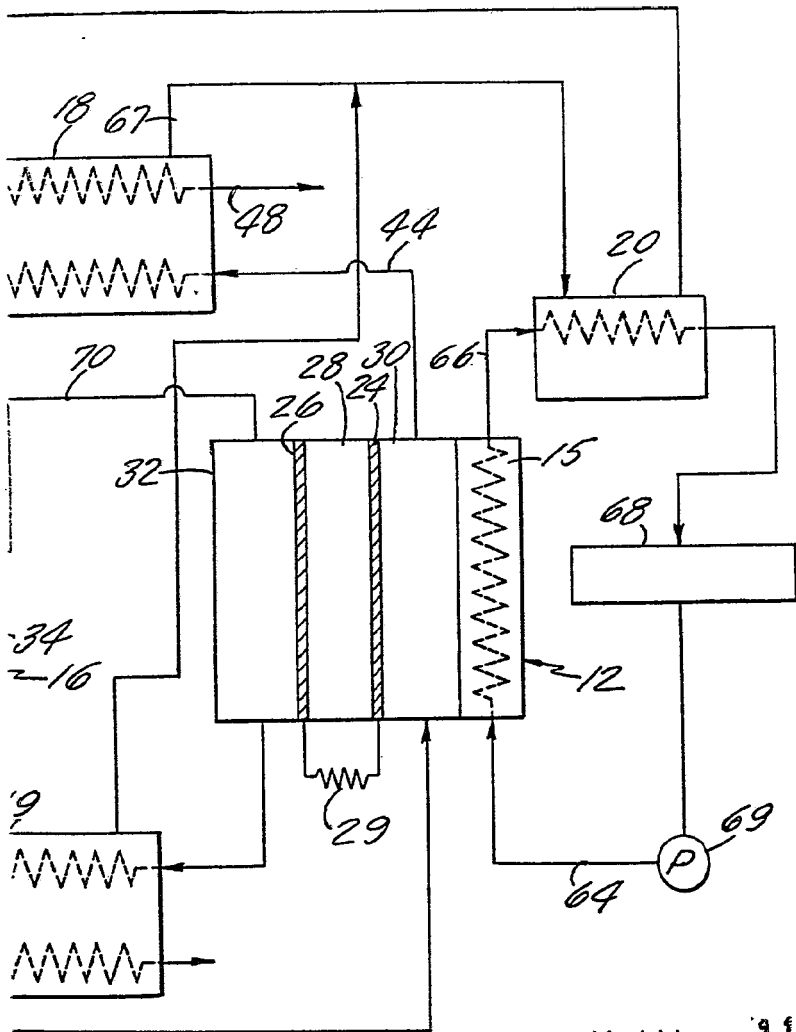


FIG. 5



Madrid, a 11 FEB 1976
 JAVIER SERRIN
 P. P. SERRIN
 FIRMANO JCESE L. MCRA



Madrid, a
p. a.

11 FEB. 1976

JAIMÉ SERN

p. p.

Firmado: JOSÉ L. MCRA