

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

P-3277

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-049658- -00002-0000

Fecha: 2012-06-08 15:21:05 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 444 RESPUESTAREQUE Folios: 33

Ref.: Expediente No. 12.049.658
Solicitud de Patente a nombre de
BATTELLE ENERGY ALLIANCE, LLC

Yo, DILIA MARÍA RODRÍGUEZ D'ALEMAN, identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, piso 6, obrando como apoderada de la sociedad **BATTELLE ENERGY ALLIANCE, LLC** solicitante de la patente de la referencia, en respuesta al oficio No. 6228 notificado por fijación en lista el día 19 de abril de 2012, atentamente me permito presentar:

1. Documento donde consta la cesión del derecho a la patente otorgada por los inventores a favor de mi mandante, con su respectiva traducción del inglés al español.
2. Documento donde se presenta la totalidad del contenido técnico, utilizando el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Espero con esto haber dado cabal cumplimiento a lo solicitado por ese despacho y de conformidad con lo indicado en los artículos 3º, inciso 3, 35 inciso 2 y 59 inciso 2 del CCA, al analizar este memorial, atentamente ruego se traten todas las cuestiones planteadas con motivo del mismo.

Señor Superintendente,

DILIA RODRIGUEZ D'ALEMAN
C.C. 41.654.882 de Bogotá
T.P. 20824 del C.S.J.
mc

State of Idaho

Office of the Secretary of State

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 octobre 1961)

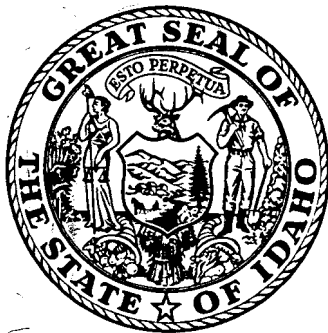
1. Country: UNITED STATES OF AMERICA

This public document

2. has been signed by KATHRYN J. HARRIS
3. acting in the capacity of Notary Public, State of Idaho
4. bears the seal/stamp of KATHRYN J. HARRIS

CERTIFIED

5. at Boise, Idaho, United States of America
6. on May 21, 2012
7. by DEBBIE R. FARNSWORTH, Notary Public Clerk, State of Idaho
8. N^o 37217
9. Seal/Stamp:



Ben Yursa

SECRETARY OF STATE

By

Debbie R. Farnsworth

Debbie R. Farnsworth

ASSIGNMENT

FOR GOOD AND VALUABLE CONSIDERATION, the receipt, sufficiency and adequacy of which are hereby acknowledged, each undersigned ASSIGNOR does:

SELL, ASSIGN AND TRANSFER to Battelle Energy Alliance, LLC (BEA) a Delaware limited liability company, having a principal place of business at 2525 Fremont Avenue, Idaho Falls, Idaho 83415, the entire right, title and interest for the United States and all foreign countries and jurisdictions in any and all inventions and improvements which are disclosed in the Application for United States Letters Patent, Attorney Docket No. BA-349, entitled NATURAL GAS LIQUEFACTION CORE MODULES, PLANTS INCLUDING SAME AND RELATED METHODS, such application filed on October 22, 2009 and assigned Serial No. 12/604,139, such application and all divisionals, continuations, substitutes, renewals, reissues, reexaminations, and all other applications for patent or the legal equivalent thereof which have been or may be filed in the United States and all foreign countries and jurisdictions relating to any of such inventions and improvements; all original, reexamined and reissued patents which have been or shall be issued in the United States and all foreign countries and jurisdictions on such inventions and improvements; and specifically including the right to file foreign applications under the provisions of any convention or treaty and claim priority based on such application made in the United States;

AUTHORIZE BEA to apply for and receive any and all United States and foreign patents relating to such inventions and improvements in its own name;

AUTHORIZE AND REQUEST the issuing authority to issue any and all United States and foreign patents granted on such inventions and improvements in the name of BEA;

REPRESENT that no assignment, grant, mortgage, license or other agreement or encumbrance inconsistent with the rights and property conveyed by this assignment has been or will be made or entered into by the undersigned, and that the full right to convey the same is possessed by the undersigned, subject to any and all rights retained by the United States Government;

COVENANT to carry out in good faith the intent and purpose of this assignment, to execute all divisionals, continuations, substitutes, renewals, reissues, reexaminations, and all other patent applications relating to any and all such inventions and improvements; to execute all rightful oaths, declarations, assignments, powers of attorney and other papers; to communicate to BEA all facts and provide to BEA all documents and things known and accessible to the undersigned relating to such inventions and improvements and the history thereof, and testify as to the same in any interference, litigation or other proceeding relating thereto; and generally to do everything possible which BEA shall consider desirable for vesting title to such inventions and improvements in BEA, and to secure, maintain, defend and enforce valid and enforceable patent protection for such inventions and improvements; at the request of BEA and upon prior written arrangement, BEA may reimburse the undersigned for any burdensome expenses in carrying out the above covenants;

AGREE AND ACKNOWLEDGE that the SALE, ASSIGNMENT AND TRANSFER of rights and property set forth herein is and shall be IRREVOCABLE and BINDING upon the heirs, assigns, representatives and successors of each undersigned ASSIGNOR and EXTEND to the successors, assigns and nominees of BEA.

AUTHORIZE AND DIRECT any of the attorneys associated with Customer Number 85013 to insert the serial number and filing date of the application now identified by the attorney docket number and title set forth above as soon as the same shall have been made known to them by the United States Patent and Trademark Office.

ASSIGNORS:

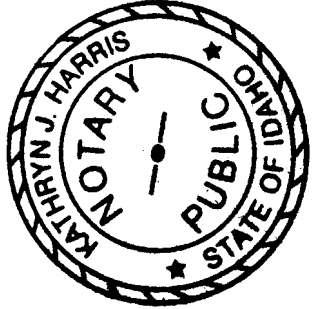
Signed: 
Printed Name: TERRY D. TURNER
Residing at: Idaho Falls, Idaho

Date 10/22/2009

State of Idaho)
 S.S.
County of Bonneville)

On this 22nd day of October, 2009, before me personally appeared Terry D. Turner, known to me to be the person whose name is subscribed to the foregoing instrument, and acknowledged to me that he/she executed the same.

S
E
A
L




Notary Public - State of Idaho

My commission expires on 3/15/10

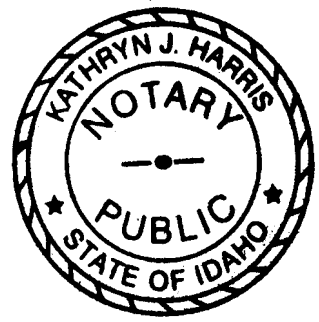
Signed: Bruce M Wilding
Printed Name: BRUCE M. WILDING
Residing at: Idaho Falls, Idaho

Date 10-22-2009

State of Idaho)
S.S.
County of Bonneville)

On this 22nd day of October, 2009, before me personally appeared Bruce M. Wilding, known to me to be the person whose name is subscribed to the foregoing instrument, and acknowledged to me that he/she executed the same.

S
E
A
L



Kathryn J. Harris
Notary Public – State of Idaho

My commission expires on 5/15/10

Traducción oficial hecha por Jimena Escobar Uribe, traductora e intérprete oficial según resolución No. 0369 de 1995 del Ministerio de Justicia, del documento legalizado mediante la APOSTILLA No. 37217 de 21 de mayo de 2012 expedida en el Estado de Idaho en Estados Unidos de América relacionado con un documento de cesión de patente a favor de la sociedad **BATTELLE ENERGY ALLIANCE, LLC**, domiciliada en Idaho Falls, Idaho, Estados Unidos de América.

Expediente de BEA No. BA-349

CESIÓN

Por una contraprestación onerosa, el recibo y suficiencia de la cual son reconocido por medio del presente, cada CEDENTE suscrito:

VENDE, CEDE Y TRANSFIERE a Battelle Energy Alliance, LLC (BEA), una sociedad de responsabilidad limitada de Delaware con lugar principal de negocios en 25252 Fremont Avenue, Idaho Falls, Idaho 83415, la totalidad del derecho, título e interés para los Estados Unidos y todos los países y jurisdicciones extranjeros sobre cualquiera y todos los inventos y mejoras que sean revelados en la Solicitud para Título de Patente en los Estados Unidos, Expediente de Abogado No. BA-349, titulada **Módulos centrales de licuefacción de gas natural, plantas que incluyen los mismos y métodos relacionados**, dicha solicitud fue presentada el 22 de octubre de 2009 y se le asignó el número de serie 12/604.139, dicha solicitud y todas las divisionales, continuaciones, sustitutas, renovaciones, reexpediciones, nuevos exámenes y todas las demás solicitudes para patente o el equivalente legal de las mismas que hayan sido o puedan ser presentadas en los Estados Unidos y en todos los países y las jurisdicciones extranjeras sobre cualquier invento o mejora; todas las patentes originales, reexaminadas o reexpedidas que hayan sido o vayan a ser expedidas en los Estados Unidos y todos los países y las jurisdicciones extranjeras sobre dichos inventos y mejoras; y específicamente incluyendo el derecho de presentar solicitudes extranjeras bajo las disposiciones de cualquier convención o tratado y reivindicar prioridad con base en dicha solicitud hecha en los Estados Unidos;

AUTORIZA a BEA a solicitar y recibir cualquiera y todas las patentes de los Estados Unidos y extranjeras relacionadas con dichos inventos y mejoras a su nombre;

AUTORIZA Y SOLICITA a la autoridad otorgante que expida cualquiera y todas las patentes de los Estados Unidos y extranjeras sobre dichos inventos y mejoras a nombre de BEA;

DECLARA que ninguna cesión, otorgamiento, hipoteca, licencia y otro acuerdo o gravamen inconsistente con los derechos y la propiedad transferida por medio de esta cesión se ha hecho o será hecho o celebrado por el suscrito, y que la totalidad del derecho para hacer las transferencia lo ostenta el suscrito, sujeto a cualquiera y todos los derechos retenidos por el Gobierno de los Estados Unidos;

SE COMPROMETE A llevar a cabo, de buena fe, la intención y el propósito de esta cesión, ejecutar todas las divisionales, continuaciones, sustitutas, renovaciones, reexpediciones, nuevos exámenes, y todas las demás solicitudes de patente relacionadas con cualquiera y todas dichas invenciones y mejoras; ejecutar todos los debidos juramentos, declaraciones, cesiones, poderes de abogado y otros documentos; comunicar a BEA todos los hechos y suministrar a BEA todos los documentos y cosas conocidas por y accesibles al suscrito relacionadas con dichos inventos y mejoras y la historia de los mismos, y testificar sobre ello en cualquier intervención, litigio y otro procedimiento relaciona con los mismos; y, en general, hacer cualquier cosa posible que BEA considere deseable para conferir el título sobre dichos inventos y mejoras a BEA, y para asegurar, mantener, defender y ejecutar una protección de patente válida y ejecutable para dichas invenciones y mejoras: a solicitud de BEA y previo acuerdo escrito, BEA podrá reembolsar al suscrito cualquier gasto gravoso incurrido al llevar a cabo los compromisos anteriores;

ACUERDA Y RECONOCE que la VENTA, CESIÓN Y TRANSFERENCIA de derechos y propiedad establecidas aquí son y serán IRREVOCABLES y VINCULANTES para los herederos, asignatarios, representantes y sucesores de cada uno de los

CEDENTES suscritos y se EXTIENDE a los sucesores, asignatarios y nominados de BEA.

AUTORIZA Y ORDENA a cualquiera de los abogados asociados con el Número de Cliente 85013 a insertar el número de serie y la fecha de presentación de la solicitud ahora identificada por el número de expediente de abogado y el título indicado en cuanto los mismos se hagan conocidos para ellos por parte de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos.

CEDENTES:

Firmado: Por firma ilegible

Fecha: 22 de octubre de 2009

Nombre impreso: Terry D. Turner

Residente en: Idaho Falls, Idaho

Estado de Idaho

Condado de Bonneville

En este día 22 de octubre de 2009, ante mí personalmente compareció Terry D. Turner, conocido por mí como la persona cuyo nombre está suscrito al instrumento anterior, y reconoció ante mí que él/ella ejecutó el mismo.

Firmado por firma ilegible notario público del Estado de Idaho

Mi comisión terina el 15 de marzo de 2010

Sello: Kathryn J. Harris, Notario Público, Estado de Ohio

Firmado: Por firma ilegible

Fecha: 22 de octubre de 2009

Nombre impreso: Bruce M. Wilding

Residente en: Idaho Falls, Idaho

Estado de Idaho

Condado de Bonneville

En este día 22 de octubre de 2009, ante mí personalmente compareció Bruce M. Wilding, conocido por mí como la persona cuyo nombre está suscrito al instrumento anterior, y reconoció ante mí que él/ella ejecutó el mismo.

Firmado por firma ilegible notario público del Estado de Idaho

Mi comisión termina el 15 de marzo de 2010

Sello: Kathryn J. Harris, Notario Público, Estado de Ohio

Estado de Idaho

Oficina del Secretario de Estado

APOSTILLA

(Convención de la Haya de 5 de octubre de 1961)

1. País: Estados Unidos de América
Este documento público
2. ha sido firmado por Kathryn J. Harris
3. actuando en su calidad de Notario Público, Estado de Idaho
4. lleva el sello/estampilla de Kathryn J. Harris

CERTIFICADO

5. En Boise, Idaho, Estados Unidos de América
 6. El 21 de mayo de 2012
 7. Por Debbie R. Farnsworth, Escribano Notario Público, Estado de Idaho
 8. No. 37217
 9. Sello/Estampilla: El Gran Sello del Estado de Idaho
 10. Firma: ilegible, Secretario de Estado
- Por: Debbie R. Farnsworth

MÓDULOS CENTRALES DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL, PLANTAS QUE INCLUYEN LOS MISMOS Y MÉTODOS RELACIONADOS

REFERENCIA CRUZADA A LAS SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente no provisional de los Estados Unidos con número de serie 12/604,139, presentada el 22 de octubre de 2009, titulada MÓDULOS CENTRALES DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL, PLANTAS QUE INCLUYEN LOS MISMOS Y MÉTODOS RELACIONADOS, la cual se incorpora en la presente, en su totalidad, como referencia.
- 10 Esta solicitud se relaciona con la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 09/643,420, presentada el 23 de agosto de 2001, para APARATO Y PROCESO PARA LA REFRIGERACIÓN, LICUEFACCIÓN Y SEPARACIÓN DE GASES CON NIVELES VARIABLES DE PUREZA, ahora patente de los Estados Unidos 6,425,263, concedida el 30 de julio de 2002, la cual es una continuación de la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de
- 15 serie 09/212,490, presentada el 16 de diciembre de 1998, para APARATO Y PROCESO PARA LA REFRIGERACIÓN, LICUEFACCIÓN Y SEPARACIÓN DE GASES CON NIVELES VARIABLES DE PUREZA, ahora patente de los Estados Unidos 6,105,390, concedida el 22 de agosto de 2000, la cual reivindica el beneficio de solicitud de patente provisional de los Estados Unidos con número de serie 60/069,698 presentada el 16 de diciembre de 1997. Esta solicitud se
- 20 relaciona además con la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 11/381,904, presentada el 5 de mayo de 2006, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO, ahora patente de los Estados Unidos No. 7,594,414, concedida el 29 de septiembre de 2009; la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 11/383,411, presentada el 15 de mayo de 2006, para APARATO PARA
- 25 LA LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO, ahora patente de los Estados Unidos No. 7,591,150, concedida el 22 de septiembre de 2009; la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 11/560,682, presentada el 16 de noviembre de 2006, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE GAS Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO; la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie
- 30 11/536,477, presentada el 28 de septiembre de 2006, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE UN GAS Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO; la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 11/674,984, presentada el 14 de febrero de 2007, para SISTEMAS Y MÉTODOS PARA LA ENTREGA DE HIDRÓGENO Y SEPARACIÓN DEL HIDRÓGENO DE UN MEDIO PORTADOR, la cual es una continuación en parte de la solicitud de
- 35 patente de los Estados Unidos con número de serie 11/124,589, presentada el 5 de mayo de 2005, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y MÉTODOS QUE SE

RELACIONAN CON EL MISMO, ahora patente de los Estados Unidos 7,219,512, concedida el 22 de mayo de 2007, la cual es una continuación de la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 10/414,991, presentada el 14 de abril de 2003, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO, ahora patente de los Estados Unidos 6,962,061, concedida el 8 de noviembre de 2005, y la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 10/414,883, presentada el 14 de abril de 2003, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO, ahora patente de los Estados Unidos 6,886,362, concedida el 3 de mayo de 2005, la cual es una divisional de la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 10/086,066, presentada el 27 de febrero de 2002, para APARATO PARA LA LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y MÉTODOS QUE SE RELACIONAN CON EL MISMO, ahora patente de los Estados Unidos 6,581,409, concedida el 24 de junio de 2003, y la cual reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos con número de serie 60/288,985, presentada el 4 de mayo de 2001, para PLANTA DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL A PEQUEÑA ESCALA. Esta solicitud se relaciona también con la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 11/855,071, presentada el 13 de septiembre de 2007, para INTERCAMBIADOR DE CALOR Y MÉTODOS ASOCIADOS; la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 12/603,948, presentada en la misma fecha que la presente, para APARATO Y MÉTODO DE LICUEFACCIÓN COMPLETA; y la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 12/604,194, presentada en la misma fecha que la presente, para MÉTODOS DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y PLANTAS DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL QUE UTILIZAN CORRIENTES DE GAS MÚLTIPLES Y VARIABLES. La descripción de cada uno de los documentos anteriores, de esta manera, se incorporan, en su totalidad, como referencia.

DERECHOS GUBERNAMENTALES

Esta invención se hizo con apoyo gubernamental bajo el contrato número DE-AC07-05ID14517 otorgado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos. El gobierno tiene ciertos derechos en la invención.

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se relaciona generalmente con la compresión y licuefacción de gases y, más particularmente, con la licuefacción parcial de un gas, tal como gas natural, mediante una planta de licuefacción de gas natural que utiliza un módulo central.

ANTECEDENTES

El gas natural es una alternativa conocida a los combustibles fósiles tal como la gasolina y el diesel. Muchos esfuerzos han fracasado en el desarrollo del gas natural como una alternativa al combustible fósil para combatir los varios inconvenientes de la gasolina y el diesel, incluyendo los costos de producción y las emisiones subsecuentes creadas por el uso de los mismos. Como se conoce en la materia, el gas natural es un combustible que quema más limpio que otros combustibles fósiles. Adicionalmente, el gas natural se considera más seguro que la gasolina o el diesel ya que el gas natural se eleva en el aire y se disipa, en lugar de sedimentarse.

Para usarse como una alternativa al combustible fósil, el gas natural (también llamado “gas de alimentación” en la presente) se convierte convencionalmente en un gas natural comprimido (CNG) o gas natural licuado (o líquido) (LNG) para propósitos de almacenamiento y transportación del combustible antes de su uso. Convencionalmente, dos de los ciclos básicos conocidos para la licuefacción de gases naturales son llamados como el “ciclo en cascada” y “ciclo de expansión.”

Brevemente, el ciclo en cascada consiste en una serie de intercambios de calor con el gas de alimentación, cada intercambio realizándose a sucesivamente menor temperatura hasta que se logra la licuefacción. Los niveles de refrigeración se obtienen con diferentes refrigerantes o con el mismo refrigerante a presiones de evaporación diferentes. El ciclo en cascada se considera muy eficiente en la producción de LNG ya que los costos de operación son relativamente bajos. Sin embargo, la eficiencia de operación se ve a menudo desplazada por los costos de inversión relativamente altos asociados con el intercambio de calor y el equipo de compresión caros asociados con el sistema refrigerante. Adicionalmente, una planta de licuefacción que incorpora tal sistema puede no ser práctica donde el espacio físico es limitado, ya que los componentes físicos usados en los sistemas en cascada son relativamente grandes.

En un ciclo de expansión, el gas se comprime convencionalmente hasta una presión seleccionada, se enfría, y después se deja expandir a través de una turbina de expansión, produciendo de esta manera trabajo así como también reduciendo la temperatura del gas de alimentación. Luego, el gas de alimentación a baja temperatura se somete a intercambio de calor para efectuar la licuefacción del gas de alimentación. Convencionalmente, se ha observado que tal ciclo es poco práctico en la licuefacción de un gas natural ya que no está previsto para manejar algunos de los componentes presentes en el gas natural, los cuales se congelan a las temperaturas encontradas en los intercambiadores de calor, por ejemplo, agua y dióxido de carbono.

Adicionalmente, para hacer que la operación de los sistemas convencionales sea rentable, tales sistemas se construyen convencionalmente a gran escala para manejar grandes volúmenes de gas natural. Como resultado, se construyen menos instalaciones, haciendo más difícil proporcionar el gas bruto a la planta o instalación de licuefacción haciendo también que la distribución del producto licuado se convierte en un problema. Otro problema principal con las instalaciones a gran escala son

los costos de operación y de capital asociados con las mismas. Por ejemplo, una planta de licuefacción convencional a gran escala, es decir, que produce en el orden de 265.037 litros de LNG por día, puede costar de \$16.3 millones a \$24.5 millones, o más, en costos de capital.

Un problema adicional con las instalaciones grandes es el costo asociado con el almacenamiento de grandes cantidades de combustible antes de su uso futuro y/o la transportación. No solamente existe un costo asociado con la construcción de instalaciones de almacenamiento grandes, sino también un problema de eficiencia relacionado con las mismas ya que el LNG almacenado tenderá a calentarse y vaporizarse en el tiempo creando una pérdida del producto del combustible LNG. Además, la seguridad se puede convertir en un problema cuando se almacenan grandes cantidades de producto del combustible LNG.

Para enfrentar los problemas anteriores se han diseñado varios sistemas los cuales intentan producir LNG o CNG a partir de gas de alimentación a pequeña escala, en un esfuerzo por eliminar los problemas de almacenamiento a largo plazo y reducir los costos de operación y de capital asociados con la licuefacción y/o compresión de gas natural.

Por ejemplo, se han diseñado plantas de LNG a pequeña escala para producir LNG en una estación de reducción de presión, en donde el gas de una línea de transmisión de presión relativamente alta se utiliza para producir LNG y los gases de cola del proceso de licuefacción se dirigen hacia una línea de transmisión simple, aguas abajo, de presión más baja. Sin embargo, tales plantas solo pueden adecuarse a estaciones de reducción de presión que tienen una diferencia de presión relativamente alta entre las líneas de transmisión aguas arriba y aguas abajo, o pueden ser ineficientes en estaciones de reducción de presión que tienen caídas de presión relativamente bajas. En vista de esto, la producción de LNG en ciertas estaciones de reducción existentes puede no ser práctica usando las plantas de LNG existentes. Además, los costos de diseño, ingeniería, y fabricación de las plantas de LNG para una variedad de localizaciones de fuente de gas natural, las cuales pueden cada una suministrar NG en condiciones diferentes del gas, tal como a varias temperaturas y presiones, puede hacer poco práctico el construir una planta de LNG para mercados más pequeños.

Adicionalmente, ya que muchas fuentes de gas natural, tal como gas para servicio residencial o industrial, se consideran que son relativamente "sucias", el requerimiento para proporcionar gas "limpio" o "prepurificado" es actualmente un requerimiento de implementación de sistemas de purificación y filtración caros y a menudo complejos antes del proceso de licuefacción. Este requerimiento simplemente adiciona complejidad y costos a la operación y construcción de tales plantas o instalaciones de licuefacción.

En vistas de los inconvenientes en la materia, sería ventajoso proporcionar un proceso, y una planta para llevar a cabo tal proceso, para producir eficientemente gas natural licuado, tal como a pequeña escala. Más particularmente, sería ventajoso proporcionar un sistema para producir gas natural licuado a partir de una fuente de gas natural relativamente "sucio" o "no purificado" a varios

niveles de presión de entrada y temperatura de entrada y entregar el gas natural desde la planta. Tal sistema o proceso puede incluir varios ciclos de depuración los cuales se integran con el ciclo de licuefacción para propósitos de eficiencia. Además, sería ventajoso para el proceso y la planta que se pudieran transportar fácilmente usando las fuentes disponibles de transportación por caminos y autopistas públicas hacia otras localizaciones geográficas. Sería ventajoso para el proceso y la planta ser capaces de operar en una variedad de localizaciones geográficas sin cambiar sustancialmente el proceso y los aparatos de la planta.

Sería adicionalmente ventajoso proporcionar una planta para la licuefacción de gas natural la cual sea relativamente barata de construir y operar, y la cual requiera deseablemente menos o ninguna supervisión de operación.

Sería ventajoso proporcionar una planta para la licuefacción de gas natural la cual tenga un módulo central de componentes sustancialmente estandarizados, acoplados operativamente de una manera sustancialmente estandarizada y adecuados para su uso en una amplia variedad de condiciones de lugares con mínima o ninguna modificación interna que se requiera del módulo central.

Sería adicionalmente ventajoso proporcionar tal planta que se pueda transportar fácilmente y la cual se pueda localizar y operar en fuentes existentes de gas natural las cuales estén cerca o dentro de comunidades pobladas, proporcionando por lo tanto fácil acceso para los consumidores de combustible LNG.

BREVE SUMARIO

En algunas modalidades, un método de licuefacción de gas natural puede incluir licuar gas natural a partir de una primera fuente de gas natural con un primer módulo central, y licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene una propiedad del gas diferente a una propiedad del gas de la primera fuente de gas natural con al menos un segundo módulo central sustancialmente idéntico al primer módulo central.

En modalidades adicionales, un método para diseñar una planta de licuefacción de gas natural puede incluir utilizar un diseño de módulo central preconfigurado para un módulo central configurado para recibir un gas fuente a condiciones de entrada predeterminadas independientes del lugar, expulsar gas de cola a condiciones de salida predeterminadas independientes del lugar, y licuar gas natural. El método puede incluir además diseñar un módulo de entrada para un lugar específico configurado para proporcionar gas fuente a partir de una fuente de gas natural específica al módulo central a las condiciones de entrada predeterminadas fijadas, y diseñar un módulo de salida para un lugar específico configurado para transportar gas de cola desde el módulo central a las condiciones de salida predeterminadas del gas de cola hacia una corriente de gas de cola específica.

En modalidades adicionales, un método para distribuir gas natural líquido puede incluir proporcionar una pluralidad de módulos centrales sustancialmente idénticos a una pluralidad de localizaciones de fuente de gas natural gaseoso. El método puede incluir además licuar al menos una porción del gas natural gaseoso de cada una de la pluralidad de fuentes de gas natural gaseoso con la pluralidad de módulos centrales sustancialmente idénticos para proporcionar gas natural líquido en cada una de la pluralidad de localizaciones de fuente de gas natural gaseoso.

En modalidades adicionales, los métodos de licuefacción de gas natural pueden comprender licuar gas natural gaseoso con una pluralidad de módulos centrales sustancialmente idénticos en un único lugar.

En aún modalidades adicionales, una planta de licuefacción de gas natural puede incluir un módulo central, un módulo de entrada y un módulo de salida. El módulo central puede incluir una entrada de gas natural procesado configurada para recibir gas natural gaseoso a una temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar, una salida de gas natural líquido, y una salida de gas de cola configurada para expulsar un gas de cola a una temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar. El módulo de entrada puede incluir una entrada de la fuente de gas natural configurada para recibir gas natural gaseoso a una temperatura y presión de una fuente de gas natural de un lugar específico; y una salida de gas natural procesado configurada para entregar gas natural gaseoso a la entrada de gas natural procesado del módulo central a la temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar. Finalmente, el módulo de salida puede incluir una entrada de gas de cola configurada para recibir un gas de cola de la salida de gas de cola del módulo central a la temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar; y una salida de gas de cola procesado configurada para entregar el gas de cola a una localización de un lugar específico a una presión y temperatura de un lugar específico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

Las anteriores y otras ventajas de la invención serán evidentes después de leer la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos.

La Fig. 1 es una visión esquemática de un módulo central para una planta de licuefacción de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Fig. 2 es un diagrama de flujo que representa un lugar que tiene una tubería de suministro de gas y una tubería de gas de cola para una planta de licuefacción tipo modular de acuerdo con las modalidades de la presente invención.

La Fig. 3 es un diagrama de flujo que representa otro lugar que tiene una tubería de suministro de gas única que se puede utilizar para suministrar gas a, y recibir gas de cola de una planta de licuefacción tipo modular de acuerdo con las modalidades de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Una planta de licuefacción tipo modular que tiene un módulo central diseñado de manera que se puede usar para una variedad de condiciones de lugares, que se puede transportar fácilmente a localizaciones de lugares, y que se puede fabricar fácilmente usando componentes comunes sustancialmente estandarizados en la misma de manera que sea capaz de usarse en una amplia variedad de lugares y condiciones sustancialmente sin modificación.

Lo ilustrado en la Fig. 1 es una visión esquemática de un módulo central 2 para la licuefacción de gas natural (NG) de acuerdo con una modalidad de la presente invención. El módulo central 2 puede incluir una entrada de gas primaria 4 acoplada a un divisor 6, y una salida de gas primaria 8 acoplada a un mezclador 10. Una corriente de proceso 12, una corriente de enfriamiento 14, y una corriente de gas de transferencia motriz 16 se pueden originar desde el divisor 6 de la entrada de gas primaria 4 y la corriente de enfriamiento 14, así como también las corrientes de cola 26, 30, pueden continuar hacia el mezclador 10 y dirigirse hacia fuera del módulo central 2 a través de la salida de gas primaria 8.

Como se muestra en la Fig. 1, la corriente de proceso 12 se puede dirigir a través de una entrada de NG 32 desde el divisor 6, y luego se puede dirigir a través de un intercambiador de calor primario 34 y una válvula de expansión 36. La corriente de proceso 12 puede entonces dirigirse a través de un tanque de separación gas-líquido 38, un tanque de transferencia 40, un hidrociclón 42 y un filtro 44. Finalmente, la corriente de proceso 12 se puede dirigir a través de un divisor 46, una válvula 48, un tanque de almacenamiento 50 y una salida de gas natural líquido (LNG) 52.

Como se muestra además en la Fig. 1, la corriente de enfriamiento 14 se puede dirigir a través de una entrada de fluido de enfriamiento 54 desde el divisor 6, y luego se puede dirigir a través de un turbocompresor 56, un intercambiador de calor ambiente 58, el intercambiador de calor primario 34, un turboexpansor 60, y finalmente, a través de una salida de fluido de enfriamiento 62 y hacia el mezclador 10. Adicionalmente, la corriente de gas de transferencia motriz 16 se puede dirigir a través de una entrada de fluido de transferencia 64 desde el divisor 6, y luego a través de una válvula de expansión 66 hacia el tanque de transferencia 40. En modalidades adicionales, la corriente de gas de transferencia motriz 16 se puede originar desde otras localizaciones adecuadas del módulo central 2. Opcionalmente, la corriente de gas de transferencia motriz 16 puede además dirigirse a través del intercambiador de calor primario 34.

Una primera corriente de gas de cola 30 puede incluir una combinación de corrientes desde el módulo central 2. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 1, la primera corriente de gas de cola 30 puede incluir una corriente de manejo de dióxido de carbono 22, una corriente de escape de la cámara de separación 18, una corriente de escape del tanque de transferencia 20, y una corriente de escape del tanque de almacenamiento 24. La corriente de manejo de dióxido de carbono 22 se puede dirigir desde una salida de flujo bajo 82 del hidrociclón 42, y luego se puede dirigir a través de una cámara

de sublimación 70, el intercambiador de calor primario 34 y finalmente a través de una primera salida de gas de cola 72 hacia el mezclador 10. Adicionalmente, la corriente de escape de la cámara de separación 18 se puede dirigir desde una salida de gas del tanque de separación gas-líquido 38, la corriente de escape del tanque de transferencia 20 se puede dirigir desde el tanque de transferencia 40, y una corriente de escape del tanque de almacenamiento 24 se puede dirigir desde el tanque de almacenamiento 50. La corriente de escape de la cámara de separación 18, la corriente de escape del tanque de transferencia 20, y la corriente de escape del tanque de almacenamiento 24 se pueden entonces dirigir a través de un mezclador 74, el intercambiador de calor 34, un compresor 76, y hacia la cámara de sublimación 70 para mezclarse con la corriente de manejo de dióxido de carbono 22 para formar la primera corriente de gas de cola 30.

Finalmente, como se muestra en la Fig. 1, una segunda corriente de gas de cola 26 se puede dirigir desde una salida del divisor 46. La segunda corriente de gas de cola 26 se puede entonces dirigir a través de una bomba 78, el intercambiador de calor 34, y finalmente, a través de una segunda salida de gas de cola 80 hacia el mezclador 10. En modalidades adicionales, la bomba 78 puede no requerirse y puede no incluirse en la planta 10. Por ejemplo, una presión suficiente se puede impartir a la corriente de proceso 12 dentro del tanque de transferencia 40 por la corriente de gas de transferencia motriz 16 de manera que la bomba 78 puede no requerirse y puede no incluirse en el módulo central 2.

Durante el funcionamiento, un NG gaseoso se puede proporcionar al módulo central 2 a través de la entrada de gas primaria 4, la cual se puede dividir mediante el divisor 6 en la corriente de enfriamiento 14, la corriente de proceso 12, y la corriente de transferencia motriz 16. La corriente de enfriamiento 14 se puede dirigir desde el divisor 6 a través de la entrada de fluido de enfriamiento 54 y luego se puede dirigir hacia el turbocompresor 56 para comprimirse. La corriente de enfriamiento comprimida 14 puede entonces salir del turbocompresor 56 y dirigirse hacia el intercambiador de calor ambiente 58, el cual puede transferir calor desde la corriente de enfriamiento 14 al aire ambiente. Adicionalmente, la corriente de enfriamiento 14 se puede dirigir a través de un primer canal del intercambiador de calor primario 34, donde esta se puede enfriar más.

En algunas modalidades, el intercambiador de calor primario 34 puede comprender un intercambiador de calor tipo aleta y placa de múltiples pasos de aluminio de alto rendimiento, tal como el que se puede adquirir de Chart Industries Inc., 1 Infinity Corporate Centre Drive, Suite 300, Garfield, Heights, Ohio 44125, u otros fabricantes bien conocidos de tal equipo.

Después de pasar a través del intercambiador de calor primario 34, la corriente de enfriamiento 14 se puede expandir y enfriar en el turboexpansor 60. Por ejemplo, el turboexpansor 60 puede comprender un turboexpansor que tiene un diseño específico para una tasa de flujo másico, nivel de presión de gas, y temperatura de gas para la entrada, tal como el que se puede adquirir de GE Oil and Gas, 1333 West Loop South, Houston, Texas 77027-9116, Estados Unidos, u otros

fabricantes bien conocidos de tal equipo. Adicionalmente, la energía requerida para accionar el turbocompresor 56 se puede proporcionar por el turboexpansor 60, tal como por el turboexpansor 60 que se conecta directamente al turbocompresor 56 o por el turboexpansor 60 que acciona un generador eléctrico (no mostrado) para producir energía eléctrica para accionar un motor eléctrico (no mostrado) que se puede conectar al turbocompresor 56. La corriente de enfriamiento fría 14 se puede entonces dirigir a través de un segundo canal del intercambiador de calor primario 34 y luego a través de la salida de fluido de enfriamiento 62 hacia el mezclador 10 para dirigirse hacia fuera del módulo central 2 a través de la salida de gas primaria 8.

Mientras tanto, una corriente de NG gaseoso se puede dirigir desde el divisor 6 hacia la entrada de NG 32 para proporcionar la corriente de proceso 12 al módulo central 2 y la corriente de proceso 12 se puede entonces dirigir a través de un tercer canal del intercambiador de calor primario 34. El calor desde la corriente de proceso 12 se puede transferir a la corriente de enfriamiento 14 dentro del intercambiador de calor primario 34 y la corriente de proceso 12 puede salir del intercambiador de calor primario 34 en un estado gaseoso frío. La corriente de proceso 12 se puede entonces dirigir a través de la válvula de expansión 36, tal como una válvula de expansión Joule-Thomson, en donde la corriente de proceso 12 se puede expandir y enfriar para formar una porción de gas natural líquido (LNG) y una porción de NG gaseoso. Adicionalmente, el dióxido de carbono (CO_2) que puede estar contenido dentro de la corriente de proceso 12 se puede solidificar y suspender dentro de la porción de LNG, ya que el dióxido de carbono tiene una temperatura de congelación más alta que el metano (CH_4), el cual es el componente principal del NG. La porción de LNG y la porción gaseosa se pueden dirigir hacia el tanque de separación gas-líquido 38, y la porción de LNG se puede dirigir hacia fuera del tanque de separación 38 como una corriente de proceso de LNG 12, la cual se puede entonces dirigir hacia el tanque de transferencia 40. Una corriente de gas de transferencia motriz 16 se puede entonces dirigir a través de la entrada de gas de transferencia motriz 64 desde el divisor 6 a través de la válvula 66, la cual se puede utilizar para regular la presión de la corriente de gas de transferencia motriz 16 antes de dirigirse hacia el tanque de transferencia 40. La corriente de gas de transferencia motriz 16 puede facilitar la transferencia de la corriente de proceso de NG líquido 12 a través del hidrociclón 42, tal como el que puede estar disponible, por ejemplo, de Krebs Engineering de Tucson, AZ, en donde el CO_2 sólido se puede separar de la corriente de proceso de NG líquido 12.

Opcionalmente, un tanque de transferencia separado 40 puede no usarse y en su lugar una porción del tanque de separación 38 se puede utilizar como un tanque de transferencia para transferir la corriente de proceso 12 hacia el hidrociclón 42. En modalidades adicionales, se puede utilizar una bomba para transferir la corriente de proceso desde el tanque de separación 38 hacia el hidrociclón. Una bomba puede proporcionar ciertas ventajas, ya que puede proporcionar un flujo constante del sistema, comparado con un proceso por lotes que utiliza un tanque de transferencia. Sin embargo, una

configuración del tanque de transferencia, tal como se muestra en la Fig. 1, puede proporcionar un flujo de corriente de proceso más fiable 12. En aún modalidades adicionales, se puede utilizar una pluralidad de tanques de transferencia 40; opcionalmente, también se puede utilizar una pluralidad de hidrociclones 42. Tal configuración puede proporcionar regularidad de flujo de la corriente de proceso 12 a través del módulo central 2 mientras que se mantiene un flujo fiable de la corriente de proceso 12. Adicionalmente, se puede proporcionar un acumulador (no mostrado) y se puede acumular la corriente de gas de transferencia motriz 16 en el acumulador antes de dirigirse hacia el tanque de transferencia 40 para facilitar una transferencia conveniente de la corriente de proceso 12 hacia fuera del tanque de transferencia 40 y a través del hidrociclón 42.

En el hidrociclón 42, una suspensión que incluye el CO_2 sólido de la corriente de proceso de LNG 12 se puede dirigir a través de una salida de flujo bajo 82 y la corriente de proceso de LNG 12 se puede dirigir a través de una salida de flujo alto 84. La corriente de proceso de LNG 12 se puede entonces dirigir a través del filtro 44, el cual puede remover cualquier CO_2 restante u otras impurezas, las cuales se pueden remover del sistema a través de una salida de filtro 86, tal como durante un proceso de depuración. En algunas modalidades, el filtro 44 puede comprender un filtro tamiz o una pluralidad de filtros tamiz que se colocan en paralelo. Una corriente de proceso de LNG sustancialmente pura 12, tal como CH_4 líquido sustancialmente puro, puede entonces salir del filtro 44 y dirigirse hacia una corriente de proceso de LNG 12 y una corriente de LNG secundaria que pueden formar la segunda corriente de cola 26. La corriente de proceso de LNG 12 se puede dirigir a través de la válvula 48 y hacia el tanque de almacenamiento 50, en donde se puede retirar para su uso a través de la salida de LNG 52, tal como para un vehículo el cual se mueve con LNG o hacia un vehículo de transporte.

Adicionalmente, la suspensión de CO_2 en el hidrociclón 42 se puede dirigir a través de la salida de flujo bajo 82 para formar la corriente de manejo de CO_2 22 y se puede dirigir hacia la cámara de sublimación de CO_2 70 para sublimar el CO_2 sólido para su remoción del módulo central 2. Adicionalmente, la corriente de escape de la cámara de separación 18, la corriente de escape del tanque de transferencia 20 y la corriente de escape del tanque de almacenamiento 24 pueden continuar hacia el mezclador 74 para proporcionar una corriente de gas 28 que se puede usar para sublimar la corriente de manejo de CO_2 22. La corriente de gas 28 puede estar relativamente fría después de salir del mezclador 74 y se puede dirigir a través de un cuarto canal del intercambiador de calor primario 34 para extraer el calor de la corriente de proceso 12 en el tercer canal del intercambiador de calor primario 34. La corriente de gas 28 se puede entonces dirigir a través del compresor 76 para presurizar y calentar más la corriente de gas 28 antes de dirigir la corriente de gas 28 hacia la cámara de sublimación de CO_2 70 para sublimar el CO_2 de la corriente de manejo de CO_2 22 de la salida de flujo bajo 82 del hidrociclón 42. En algunas modalidades, un intercambiador de calor, tal como el que se describe en la solicitud con número de serie 11/855,071, presentada el 13 de

septiembre de 2007, titulada Intercambiador de Calor y Método Asociado, del mismo titular que el cesionario de la presente invención, cuya descripción se incorporó previamente en su totalidad como referencia en la presente, se puede utilizar como la cámara de sublimación 70. En modalidades adicionales, una porción de la corriente de gas 28, tal como una porción de flujo en exceso, se puede dirigir a través de una conexión en T (no mostrada) y hacia el mezclador 10, en lugar de dirigirse hacia la cámara de sublimación de CO₂ 70.

El CO₂ gaseoso combinado de la corriente de manejo de CO₂ 22 y los gases de la corriente 28 pueden entonces salir la cámara de sublimación 70 como la primera corriente de gas de cola 30, la cual puede estar relativamente fría. Por ejemplo, la primera corriente de gas de cola 30 puede estar justo por encima de la temperatura de sublimación del CO₂ después de salir de la cámara de sublimación 70. La primera corriente de gas de cola 30 se puede entonces dirigir a través de un quinto canal del intercambiador de calor primario 34 para extraer el calor de la corriente de proceso 12 en el tercer canal antes de entrar en el mezclador 8 a través de la primera salida de gas de cola 72 y que se dirige hacia fuera del módulo central 2 a través de la salida de gas primaria 8.

Finalmente, la segunda corriente de gas de cola 26, la cual puede comprender inicialmente una corriente secundaria de LNG sustancialmente pura desde el divisor 46, se puede dirigir a través de la bomba 78. En modalidades adicionales, la bomba 78 puede no requerirse y puede no incluirse en el módulo central 2. Por ejemplo, una presión suficiente se puede impartir a la corriente de proceso 12 dentro del tanque de transferencia 40 por la corriente de gas de transferencia motriz 16 de manera que la bomba 78 puede no requerirse y puede no incluirse en el módulo central 2. La segunda corriente de gas de cola 26 se puede entonces dirigir a través de un sexto canal del intercambiador de calor primario 34, donde se extrae el calor de la corriente de proceso 12 en el tercer canal, y se puede vaporizar para formar NG gaseoso. La segunda corriente de cola 26 se puede entonces dirigir hacia el mezclador 10 mediante la segunda salida de gas de cola 80 y hacia fuera del módulo central 2 a través de la salida de gas primaria 8.

En algunas modalidades, cuando la corriente de proceso 12 pasa a través del intercambiador de calor primario 34, la corriente de proceso 12 se puede enfriar primero mediante la corriente de enfriamiento 14, la cual puede extraer aproximadamente dos tercios (2/3) del calor para removerlos de la corriente de proceso 12 dentro del intercambiador de calor 34. El enfriamiento restante de la corriente de proceso 12 dentro del intercambiador de calor primario 34 se puede lograr luego, por la transferencia de calor desde la corriente de proceso 12 hacia la segunda corriente de gas de cola 26. En vistas de esto, la cantidad de flujo que se dirige hacia la segunda corriente de gas de cola 26 se puede regular para lograr una cantidad particular de extracción de calor de la corriente de proceso 12 dentro del intercambiador de calor 34.

En algunas modalidades, el módulo central 2 se puede configurar para utilizar una condición de gas de entrada predeterminada independiente del lugar deseada, tal como un nivel de presión de

entrada predeterminado independiente del lugar deseado y un nivel de temperatura de entrada predeterminado independiente del lugar deseado, para el gas fuente dirigido hacia la entrada de gas primaria 4. En otras palabras, el módulo central 2 se puede configurar para recibir un gas hacia la entrada de gas primaria 4 a un nivel de presión y temperatura que puede, cada uno, seleccionarse independiente de una presión y temperatura específicas del gas fuente en un lugar en el cual el módulo central 2 se utiliza. Adicionalmente, el módulo central 2 se puede configurar para utilizar una condición de gas de salida predeterminada independiente del lugar deseada, tal como un nivel de presión de salida predeterminado independiente del lugar deseado y un nivel de temperatura de salida predeterminado independiente del lugar deseado, para el gas de cola dirigido hacia fuera de la salida de gas primaria 8.

Como el módulo central 2 se puede diseñar y fabricar independiente de un lugar específico 88, una planta de licuefacción tipo modular de gas natural para un lugar específico 88 puede incluir un módulo de entrada personalizado 90 y un módulo de salida personalizado 92 además del módulo central preconfigurado 2, como se muestra en las Figs. 2 y 3. El módulo de entrada 90 puede incluir una entrada 94 para recibir un gas fuente, tal como NG gaseoso, del lugar específico 88, tal como de una tubería de suministro de NG 96, hacia el módulo de entrada 90. Después de entrar en el módulo de entrada 90, el gas fuente se puede procesar, tal como por uno o más de compresión, expansión, enfriamiento, calentamiento, deshidratación, y filtración usando métodos y dispositivos convencionales, para cumplir con las condiciones de gas de entrada predeterminadas independientes del lugar para el módulo central 2. El gas fuente se puede entonces dirigir hacia la entrada de gas primaria 4 del módulo central 2 en las condiciones de entrada predeterminadas independientes del lugar, tal como una presión y temperaturas predeterminadas independientes del lugar.

Adicionalmente, el módulo de salida 92 se puede configurar para recibir la corriente de gas de cola, que incluye la primera corriente de gas de cola 30, la segunda corriente de gas de cola 26, y la corriente de enfriamiento 14 combinadas, dirigidas hacia fuera de la salida de gas primaria 8 del módulo central 2. Después de entrar en el módulo de salida 92 la corriente de gas de cola se puede procesar, tal como por uno o más de compresión, expansión, enfriamiento, y calentamiento usando métodos y dispositivos convencionales, para cumplir con los requerimientos de gas de cola del lugar específico 88. El gas de cola se puede entonces dirigir hacia fuera de una salida 98 del módulo de salida 92 hacia una localización de un lugar específico a una presión y temperatura de un lugar específico. Por ejemplo, una localización de un lugar específico para el gas de cola puede ser una tubería de NG de presión relativamente baja 100, tal como se muestra en la Fig. 2, y el gas de cola se puede procesar a una presión relativamente baja apropiada. Para otro ejemplo, la localización de un lugar específico para el gas de cola puede ser la misma tubería de suministro de NG 96 que proporciona el gas fuente NG, tal como se muestra en la Fig. 3, y los gases de cola pueden requerir

compresión dentro del módulo de salida para proporcionar el gas de cola hacia la tubería de suministro 96 a una presión apropiada.

En vistas de este enfoque para diseñar y configurar una planta, el módulo de entrada 90 y el módulo de salida 92 se pueden configurar para permitir que un módulo central preconfigurado 2 opere en cualquier número de lugares específicos, los cuales pueden cada uno proporcionar un gas fuente que tiene propiedades diferentes, tal como la composición del gas, presión del gas, y temperatura del gas, y puede que tengan requerimientos únicos del gas de cola. En algunos casos, una o más de las condiciones del gas fuente y de las condiciones requeridas del gas de cola para un lugar específico pueden casualmente cumplir con una o más de las condiciones de gas predeterminadas independientes del lugar para la entrada de gas primaria 4 y la salida de gas primaria 8 del módulo central 2. En tales casos, uno o más del módulo de entrada 90 y del módulo de salida 92 se pueden configurar simplemente como un conducto de gas.

El módulo de entrada 90 y el módulo de salida 92, permiten que un lugar específico 88 se adapte al módulo central 2, y el módulo central 2 se puede utilizar en cualquier número de lugares 88 con mínima o ninguna modificación interna requerida. En vistas de lo anterior, un módulo central 2 se puede producir en masa y luego entregarse a numerosos lugares.

Aunque un diseño común entre numerosos módulos centrales 2 puede no necesariamente proporcionar el sistema de energía más eficiente en muchos lugares, comparado con plantas personalizadas para lugares específicos, un diseño común para el módulo central 2 puede resultar en otras eficiencias, seguridad mejorada, una reducción en los costos de diseño y de ingeniería, una reducción en los costos de mantenimiento, fiabilidad mejorada y una reducción en los costos de inversión inicial que pueden superar cualquier ineficiencia que puede existir en un lugar individual.

El módulo central 2 se puede configurar con cierta flexibilidad en su diseño mecánico, tal como se muestra en la Fig. 1, para permitir el acomodo de algunas temperaturas y presiones de entrada y salida que varían sin necesitar el reemplazo de cualquiera de los componentes físicos del módulo central 2. Sin embargo, la planta se puede diseñar y configurar para condiciones específicas de gas predeterminadas independientes de un lugar para la entrada de gas primaria 4 y la salida de gas primaria 5 seleccionada para lograr eficiencia.

Proporcionado a modo de ejemplo y no como limitación, el módulo central 2 se puede configurar para utilizar un nivel de presión de entrada de aproximadamente 5.516 kPa absolutos y un nivel de temperatura de entrada de aproximadamente 10°C a aproximadamente 49°C. Un modelado extenso ha sugerido que aproximadamente 5.516 KPa absolutos puede ser la presión entrante más eficiente. Adicionalmente, a modo de ejemplo y no como limitación, el nivel de presión de salida especificado, predeterminado y deseado del módulo central 2 puede ser de aproximadamente 689 kPa absolutos. En general, mientras menor sea el nivel de presión de salida, mayor es la tasa de producción. Sin embargo, a partir de datos de estudio de localizaciones los inventores de la presente

invención han descubierto que las líneas de baja presión ideales con suficiente flujo disponible para acomodar el gas de cola desde el módulo central 2 son pocas y pueden ser de difícil acceso. En vistas de esto, cuando la presión de salida de gas de cola diseñada del módulo central 2 se aumenta, están disponibles más lugares potenciales para plantas de licuefacción de gas natural. En la actualidad se cree que la selección de una presión de salida de 689 kPa absolutos puede ser un buen compromiso entre los relativamente pocos lugares con tuberías de presión más baja disponibles y los lugares más fácilmente disponibles con tuberías de presión más altas disponibles. Esta también puede ser una buena presión de salida para proporcionar a un módulo de salida 92 que tiene un compresor para aumentar la presión del gas para una tubería de presión más alta, ya que esto puede resultar en un índice de compresión relativamente bajo. Los índices de compresión más bajos requieren menos energía y pueden ser más económicos. Además, una presión de salida de aproximadamente 689 kPa absolutos puede proporcionar eficiencias para la corriente de enfriamiento 14 del módulo central 2, ya que una presión más alta del gas puede resultar en una temperatura crítica más baja para ciertos componentes del gas, tal como el CO₂, lo cual puede permitir que la corriente de enfriamiento 14 alcance una temperatura más baja.

Aunque estos pueden ser niveles de presión y temperatura deseados para el módulo central 2, pueden variar sin impactar sustancialmente en el funcionamiento del módulo central 2 debido a que el módulo central 2 descrito en la presente tiene la flexibilidad para acomodarse a tales condiciones de nivel de presión y temperatura de gas de entrada variables así como también al nivel de presión de gas de salida.

En modalidades adicionales, el módulo central 2 puede no incluir la entrada de gas primaria 4, el divisor 6, la salida de gas primaria 8 y el mezclador 10. En su lugar, las corrientes de gas de entrada 12, 14, 16 se pueden mantener separadamente y las corrientes de gas de salida 14, 26, 30 se pueden mantener también separadamente, lo cual puede proporcionar un módulo central más flexible 2, tal como se describe en la solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 12/604,194, presentada en la misma fecha que la presente, para MÉTODOS DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL Y PLANTAS DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL QUE UTILIZAN CORRIENTES DE GAS MÚLTIPLES Y VARIABLES, incorporada previamente en su totalidad como referencia en la presente.

El módulo central 2 puede tener un tamaño físico relativamente pequeño y se puede transportar fácilmente desde una localización geográfica a otra. Tal diseño compacto puede permitir que los módulos centrales 2 se produzcan en masa en una o más localizaciones y se transporten a varios lugares, tal como por transporte por rieles y por carreteras convencionales. Además, la producción en masa de los módulos centrales 2 puede permitir que los componentes se adquieran y se fabriquen en números relativamente altos, lo cual puede reducir el costo de los componentes y puede hacerlos económicamente factibles para diseñar componentes únicos y especialmente eficientes para

el módulo central 2. La producción en masa puede resultar en componentes de reemplazo que son relativamente baratos, resultando en costos de mantenimiento más bajos. Además, si un módulo central 2 en un lugar se daña y requiere reemplazo o reparación extensa, el módulo central dañado 2 se podría reemplazar con otro módulo central sustancialmente idéntico 2 que se puede operar de manera relativamente rápida y rentable. Otras varias y adicionales ventajas también pueden resultar de la producción en masa de módulos centrales sustancialmente idénticos 2.

Las plantas de LNG modulares que utilizan módulos centrales sustancialmente idénticos 2 también se pueden utilizar para distribuir más eficientemente y de manera rentable el LNG. Es relativamente caro transportar el LNG desde una planta grande, tal como mediante un camión, hacia cada localización de punto de uso en donde este se requiere. Es también relativamente caro y difícil proporcionar una infraestructura, tal como una tubería de LNG, para transportar el LNG desde una planta grande hacia varias localizaciones distantes. Sin embargo, una pluralidad de plantas de LNG modulares que utilizan módulos centrales sustancialmente idénticos 2 se pueden localizar en o cerca de varias localizaciones de puntos de uso de LNG, tal como las estaciones de abastecimiento para vehículos de LNG, que tiene fuentes de NG gaseoso existentes, el cual puede tener varias y diferentes presiones y temperaturas, y producen LNG a partir de las fuentes de NG gaseoso en o cerca de las localizaciones de puntos de uso de LNG. En vistas de esto, la infraestructura para NG gaseoso existente se puede utilizar con módulos centrales 2 de acuerdo con la presente invención para distribuir LNG de una manera relativamente eficiente y rentable.

En algunas modalidades, el módulo central 2 se puede configurar como un módulo central de licuefacción de gas natural a “pequeña escala” 2 el cual se acopla a una fuente de gas natural tal como una tubería 96, aunque otras fuentes, tal como un cabezal de pozo, se contemplan como igualmente adecuadas. El término “pequeña escala” se usa para diferenciar la planta de una planta a gran escala que tiene la capacidad de producir, por ejemplo 265.037 litros de LNG o más por día. En comparación, la planta de licuefacción descrita en la presente puede tener la capacidad de producir, por ejemplo, aproximadamente 113.587 litros de LNG en un día pero se puede escalar a una salida diferente según se necesite y no está limitada a plantas u operaciones a pequeña escala. Adicionalmente, el módulo central de licuefacción 2 de la presente invención se puede considerar más pequeño en tamaño que una planta a gran escala y se puede transportar de un lugar a otro, como se describió anteriormente en la presente. Sin embargo, el módulo central 2 se puede configurar además como una planta a gran escala si se desea. Un módulo central 2 puede además ser relativamente barato de construir y operar, y se puede configurar para no requerir o requerir menos de supervisión de operación.

En modalidades adicionales, una pluralidad de módulos centrales 2 se puede utilizar en un único lugar, tal como en lugares que tienen una demanda relativamente grande de LNG, lugares que tienen demanda variable o en lugares de demanda crítica. En algunas modalidades, un lugar que tiene

una demanda relativamente alta de LNG puede incluir una pluralidad de módulos centrales 2, cada uno produciendo LNG simultáneamente para cumplir con la demanda. Proporcionado para ejemplo y no como limitación, un lugar que tiene una demanda de LNG de aproximadamente 454.348 litros en un día puede utilizar cuatro módulos centrales sustancialmente idénticos 2, cada uno configurado para producir aproximadamente 113.587 litros de LNG en un día. Adicionalmente, el lugar puede incluir uno o más módulos centrales sustancialmente idénticos adicionales 2, los cuales se pueden rotar para su uso en el lugar, lo cual puede permitir que los módulos centrales individuales 2 se apaguen para su limpieza, mantenimiento o reparación mientras que los módulos centrales de respaldo 2 se utilizan para compensar la producción de LNG perdida, permitiendo por lo tanto que la demanda de LNG se cumpla siempre. Si un lugar tiene una demanda de LNG particularmente crítica, se puede proporcionar una redundancia mayor de los módulos centrales 2, y por lo tanto, de la capacidad de producción de LNG de respaldo. Adicionalmente, si un lugar tiene una demanda variable, cuando la demanda aumenta se pueden activar y utilizar módulos centrales adicionales 2 en el lugar para cumplir con la demanda en aumento, igualmente, los módulos centrales adicionales 2 se pueden desactivar cuando la demanda disminuye.

En modalidades adicionales, los módulos centrales 2 se pueden diseñar de varios tamaños y capacidades, y los módulos centrales que tienen diferentes tamaños y capacidades se pueden combinar en varias combinaciones para cumplir con cualquier demanda de LNG de lugares particulares.

El módulo central 2 y los métodos ilustrados y descritos en la presente pueden incluir el uso de cualquiera de los aparatos y métodos bien conocidos, tal como dentro del módulo de entrada 90, para remover el dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno, etano, etc. del suministro de gas natural antes de que entre en el módulo central 2. Adicionalmente, si la fuente de gas natural tiene poco dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno, etano, etc., el uso de hidrociclones y la sublimación de dióxido de carbono en el proceso de licuefacción y en el módulo central 2 pueden no necesitarse y puede no incluirse.

Aunque la invención puede ser susceptible a varias modificaciones y formas alternativas, las modalidades específicas se han mostrado a manera de ejemplo en los dibujos y se han descrito en detalles en la presente. Sin embargo, se debe entender que no se pretende que la invención se limite a las formas particulares descritas. Por el contrario, la invención incluye todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que caen dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un método de licuefacción de gas natural, el método que comprende:
licuar gas natural a partir de una primera fuente de gas natural con un primer módulo central; y
licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene una propiedad del gas diferente a una propiedad del gas de la primera fuente de gas natural con al menos un segundo módulo central sustancialmente idéntico al primer módulo central.
2. El método de la reivindicación 1, en donde licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene una propiedad del gas diferente a una propiedad del gas de la primera fuente de gas natural comprende licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene un nivel de presión de gas diferente a un nivel de presión de gas de la primera fuente de gas natural.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además aumentar el nivel de presión de gas del gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural con un módulo de entrada antes de dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central para la licuefacción.
4. El método de la reivindicación 3, que comprende además dirigir el gas natural desde la primera fuente de gas natural hacia el primer módulo central y dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central a sustancialmente la misma presión.
5. El método de la reivindicación 4, que comprende además dirigir el gas natural desde la primera fuente de gas natural hacia el primer módulo central y dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central a aproximadamente 5.516 KPa absolutos.
6. El método de la reivindicación 1, en donde licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene una propiedad del gas diferente a una propiedad del gas de la primera fuente de gas natural comprende licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene una temperatura del gas diferente a una temperatura del gas de la primera fuente de gas natural.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además disminuir el nivel de temperatura de gas del gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural con un módulo de entrada antes de dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central para la licuefacción.

8. El método de la reivindicación 6, que comprende además aumentar el nivel de temperatura de gas del gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural con un módulo de entrada antes de dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central para la licuefacción.

9. El método de la reivindicación 8, que comprende además dirigir el gas natural desde la primera fuente de gas natural hacia el primer módulo central y dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central a sustancialmente la misma temperatura.

10. El método de la reivindicación 9, que comprende además dirigir el gas natural desde la primera fuente de gas natural hacia el primer módulo central y dirigir el gas natural desde la al menos una segunda fuente de gas natural hacia el al menos un segundo módulo central a un nivel de temperatura entre aproximadamente 10°C y aproximadamente 49°C.

11. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
 procesar un primer gas de cola expulsado desde el primer módulo central con un primer módulo de salida para cambiar al menos uno del nivel de presión y del nivel de temperatura del primer gas de cola; y
 procesar un segundo gas de cola expulsado desde el al menos un segundo módulo central con un segundo módulo de salida para cambiar al menos uno del nivel de presión y del nivel de temperatura de el segundo gas de cola.

12. El método de la reivindicación 11, que comprende además expulsar la primera cola desde el primer módulo central y el segundo gas de cola desde el al menos un segundo módulo central a sustancialmente las mismas temperatura y presión.

13. El método de la reivindicación 12, que comprende además expulsar la primera cola desde el primer módulo central y el segundo gas de cola desde el al menos un segundo módulo central a un nivel de presión de aproximadamente 689 kPa absolutos.

14. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
expulsar un primer gas de cola que comprende dióxido de carbono hacia fuera del primer módulo central; y
expulsar un segundo gas de cola que comprende dióxido de carbono hacia fuera del al menos un segundo módulo central.

15. Un método para diseñar una planta de licuefacción de gas natural, el método que comprende:

utilizar un diseño de módulo central preconfigurado para un módulo central configurado para recibir un gas fuente a condiciones de entrada determinadas independientes del lugar, expulsar gas de cola a condiciones de salida determinadas independientes del lugar, y licuar gas natural;

diseñar un módulo de entrada para un lugar específico configurado para proporcionar gas fuente a partir de una fuente de gas natural específica al módulo central a las condiciones de entrada determinadas fijadas; y

diseñar un módulo de salida para un lugar específico configurado para transportar gas de cola desde el módulo central a las condiciones de salida determinadas del gas de cola hacia una corriente de gas de cola específica.

16. El método de la reivindicación 15, en donde diseñar un módulo de entrada para un lugar específico configurado para proporcionar gas fuente a partir de una fuente de gas natural específica al módulo central a las condiciones de entrada determinadas fijadas comprende además diseñar un módulo de entrada para un lugar específico configurado para proporcionar gas fuente a partir de una fuente de gas natural específica al módulo central a un nivel de presión de aproximadamente 5.516 KPa absolutos y a un nivel de temperatura de aproximadamente 10°C y aproximadamente 49°C.

17. El método de la reivindicación 15, en donde diseñar un módulo de salida para un lugar específico configurado para transportar gas de cola desde el módulo central a las condiciones de salida predeterminadas del gas de cola hacia una corriente de gas de cola específica comprende además diseñar un módulo de salida para un lugar específico configurado para transportar gas de cola desde el módulo central a un nivel de presión de aproximadamente 689 kPa absolutos.

18. El método de la reivindicación 15, en donde utilizar un diseño de módulo central preconfigurado para un módulo central configurado para licuar gas natural comprende además utilizar un diseño de módulo central preconfigurado para un módulo central configurado para licuar gas natural por:

enfriamiento de una corriente de proceso de gas natural gaseoso transfiriendo calor desde una corriente de proceso de gas natural gaseoso hacia una corriente de enfriamiento; y
expansión de la corriente de proceso de gas natural gaseoso fría para formar una corriente de proceso de gas natural líquido.

19. Un método para distribuir gas natural líquido, el método que comprende:
proporcionar una pluralidad de plantas de licuefacción de gas natural que comprende módulos centrales sustancialmente idénticos a una pluralidad de localizaciones de fuente de gas natural gaseoso; y
licuar al menos una porción del gas natural gaseoso de cada una de la pluralidad de fuentes de gas natural gaseoso con la pluralidad de plantas de licuefacción de gas natural para proporcionar gas natural líquido a cada una de la pluralidad de localizaciones de fuente de gas natural gaseoso.

20. El método de la reivindicación 19, en donde proporcionar una pluralidad de plantas de licuefacción de gas natural que comprende módulos centrales sustancialmente idénticos a una pluralidad de localizaciones de fuente de gas natural gaseoso comprende además proporcionar una pluralidad de plantas de licuefacción de gas natural que comprende módulos centrales sustancialmente idénticos a una pluralidad de fuentes de gas natural gaseoso que comprende fuentes de gas natural gaseoso que tienen varias propiedades del gas.

21. El método de la reivindicación 19, que comprende además localizar la pluralidad de plantas de licuefacción de gas natural que comprende módulos centrales sustancialmente idénticos a una pluralidad de localizaciones de puntos de uso de gas natural líquido.

22. Una planta de licuefacción de gas natural que comprende:
 un módulo central que comprende:
 una entrada de gas natural procesado configurada para recibir gas natural gaseoso a una temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar;
 una salida de gas natural líquido; y
 una salida de gas de cola configurada para expulsar un gas de cola a una temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar;
 un módulo de entrada que comprende:
 una entrada de la fuente de gas natural configurada para recibir gas natural gaseoso a una temperatura y presión de una fuente de gas natural de un lugar específico; y
 una salida de gas natural procesado configurada para entregar gas natural gaseoso a la entrada de gas natural procesado del módulo central a la temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar; y
 un módulo de salida que comprende:
 una entrada de gas de cola configurada para recibir un gas de cola desde la salida de gas de cola del módulo central a la temperatura y presión predeterminadas independientes del lugar; y
 una salida de gas de cola procesado configurada para entregar el gas de cola a una localización de un lugar específico a una presión y temperatura de un lugar específico.

23. Un método de licuefacción de gas natural, que comprende licuar gas natural gaseoso con una pluralidad de módulos centrales sustancialmente idénticos en un único lugar.

Resumen

Un método de licuefacción de gas natural puede incluir licuar gas natural a partir de una primera fuente de gas natural con un primer módulo central y licuar gas natural a partir de al menos una segunda fuente de gas natural que tiene una propiedad del gas diferente a una propiedad del gas de la primera fuente de gas natural con al menos un segundo módulo central sustancialmente idéntico al primer módulo central. Adicionalmente, un método para diseñar una planta de licuefacción de gas natural puede incluir utilizar un diseño de módulo central preconfigurado para un módulo central configurado para recibir un gas fuente a condiciones de entrada predeterminadas independientes del lugar, expulsar gas de cola a condiciones de salida predeterminadas independientes del lugar, y licuar gas natural. Además, un método para distribuir gas natural líquido puede incluir proporcionar una pluralidad de plantas de licuefacción de gas natural que comprende módulos centrales sustancialmente idénticos a una pluralidad de localizaciones de fuente de gas natural gaseoso. Finalmente, una planta de licuefacción de gas natural puede incluir un módulo central preconfigurado, y módulos de entrada y salida para un lugar específico.

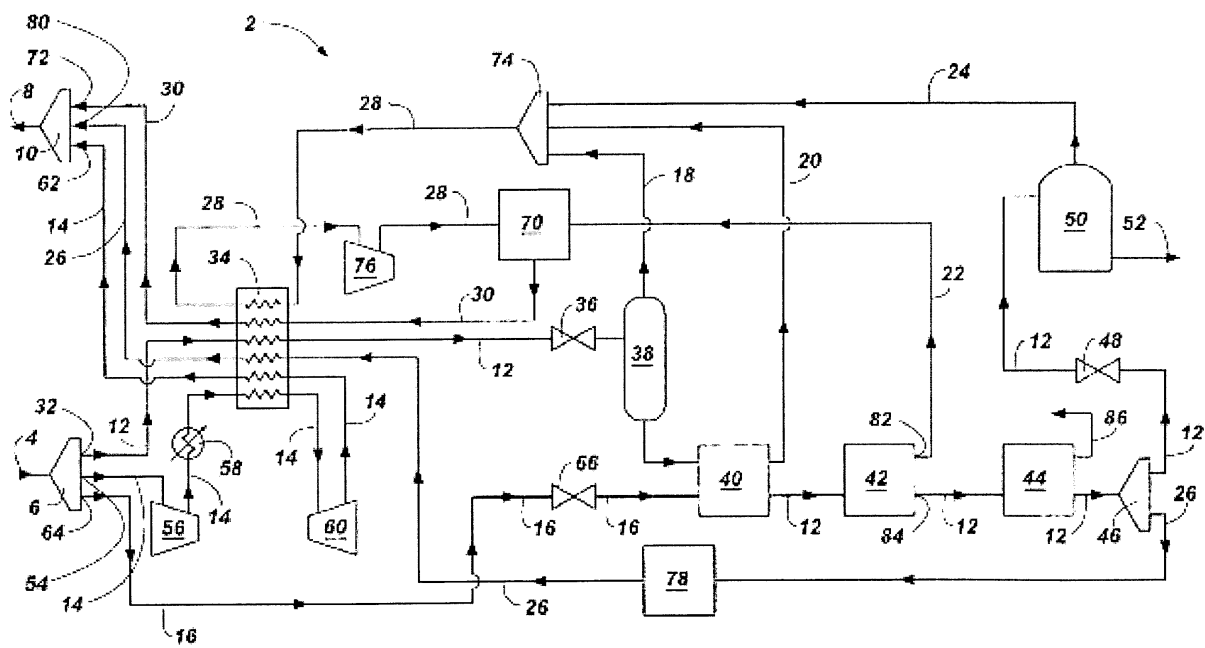


FIG. 1

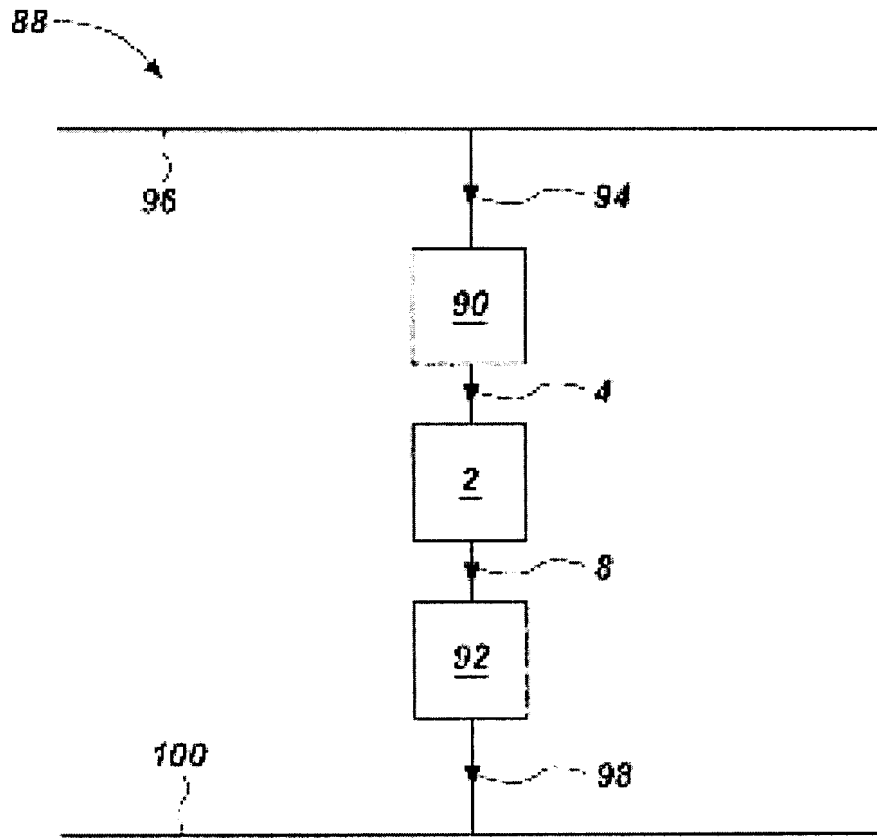


FIG. 2

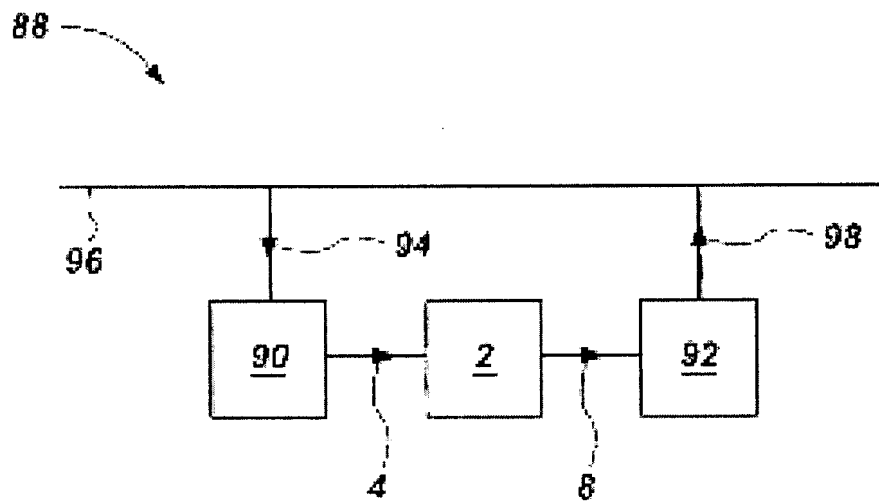


FIG. 3