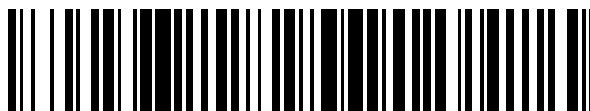


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 821**

51 Int. Cl.:

F25J 1/02 (2006.01)

F25J 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2008 PCT/AU2008/001010**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.01.2009 WO09006693**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2008 E 08772637 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 2179234**

54 Título: **Procedimiento y sistema de producción de gas natural líquido**

30 Prioridad:

09.07.2007 AU 2007903701 P

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

26.02.2020

73 Titular/es:

LNG TECHNOLOGY, LLC (100.0%)

1001 McKinney, Suite 600

Houston TX 77002, US

72 Inventor/es:

BRIDGWOOD, PAUL

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 744 821 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema de producción de gas natural líquido

Campo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para la producción de gas natural líquido. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para la licuefacción de un gas hidrocarbonado, como por ej., gas natural o gas de filones de carbón.

Antecedentes

10 La construcción y operación de una planta para tratar y licuar un gas hidrocarbonado, como por ej., gas natural o gas de filones de carbón, y la producción de metano licuado o GNL implica grandes gastos de capital y operativos. En particular, con creciente sensibilidad a los problemas y a las regulaciones ambientales que pertenecen a las emisiones de gas de efecto invernadero, el diseño de dicha planta debe buscar incorporar las características que aumenten la eficiencia del combustible y reducir las emisiones donde sea posible.

15 El documento WO 2004/06586 divulga un procedimiento en el cual un medio de fluido licuado pasa a través del separador de GNL para proporcionar un líquido final de GNL y un vapor de flash final de GNL. El vapor de flash final de GNL se deja caer, posteriormente, a través de una válvula de expansión y se agrega al ciclo refrigerante en el lateral frío del intercambiador de calor. Además, el documento US 4911 741 divulga un procedimiento para la licuefacción de un gas de alimentación hidrocarbonado, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

20 En consecuencia, en un primer aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento para licuar un gas hidrocarbonado según se define en la reivindicación 1.

La etapa de circular un refrigerante mixto a través de la zona de refrigeración comprende:

a) comprimir el refrigerante mixto en un compresor;

25 b) pasar el refrigerante mixto comprimido a través de una primera trayectoria de intercambio de calor que se extiende a través de la zona de refrigeración donde el refrigerante mixto comprimido se enfría y se expande para producir un fluido enfriador refrigerante mixto;

c) pasar el fluido enfriador refrigerante mixto a través de una segunda trayectoria de intercambio de calor que se extiende a través de la zona de refrigeración para producir un refrigerante mixto;

y

d) recircular el refrigerante mixto hacia el compresor;

30 En otra realización de la invención, la etapa de pasar el gas de alimentación pretratado a través de la zona de refrigeración comprende pasar el gas de alimentación pretratado a través de una tercera trayectoria de intercambio de calor en la zona de refrigeración.

35 En otra realización más de la invención, la etapa de circular el refrigerante auxiliar a través de la zona de refrigeración comprende pasar el refrigerante auxiliar a través de una cuarta trayectoria de intercambio de calor que se extiende a través de una parte de la zona de refrigeración. La segunda y la cuarta trayectoria de intercambio de calor se extienden en una relación contracorriente de intercambio de calor con la primera y la tercera trayectoria de intercambio de calor.

40 De manera ventajosa, los inventores han descubierto que el calor que se produce en la etapa de compresión mediante una unidad de turbina de gas del compresor, lo cual, de otro modo, sería considerado como calor residual, se puede utilizar para producir vapor en un generador de vapor. El vapor se puede utilizar para alimentar un generador de turbina de vapor única y producir energía eléctrica, la cual acciona el sistema de refrigeración auxiliar.

De acuerdo con la invención, el procedimiento comprende, además, accionar el sistema de refrigeración auxiliar, al menos, en parte mediante el calor residual que se produce desde la etapa de compresión del procedimiento de la presente invención.

45 En otra realización preferente de la invención, el procedimiento comprende, además, enfriar el aire de entrada de una turbina de gas que está directamente acoplada al compresor con el refrigerante auxiliar. Preferiblemente, el aire de entrada se enfría hasta aproximadamente 5 °C - 10 °C. Los inventores han estimado que el enfriamiento del aire de entrada de la turbina de gas aumenta el rendimiento del compresor en 15 % - 25 %, mejorando, de este modo, la capacidad de producción del procedimiento ya que el rendimiento del compresor es proporcional al rendimiento del GNL.

50 En una realización de la invención, la etapa de comprimir el refrigerante mixto aumenta la presión del mismo desde aproximadamente 30 hasta 50 bares.

- 5 Cuando el refrigerante mixto es comprimido, su temperatura aumenta. En una realización más, el procedimiento comprende enfriar el refrigerante mixto comprimido antes de pasar el refrigerante mixto comprimido a la primera trayectoria de intercambio de calor. De esta manera se reduce la carga de enfriamiento en la zona de refrigeración. En una realización, el refrigerante mixto comprimido se enfría hasta una temperatura inferior a 50 °C. En la realización preferente, el refrigerante mixto comprimido se enfría hasta aproximadamente 10 °C.
- 10 En otra realización, la etapa de enfriar el refrigerante mixto comprimido comprende pasar el refrigerante mixto comprimido desde el compresor hasta un intercambiador de calor, en particular, un enfriador de aire o de agua. En una realización alternativa de la invención la etapa de enfriamiento comprende pasar el refrigerante mixto comprimido desde el compresor hacia el intercambiador como se describió anteriormente, y posteriormente pasar el refrigerante mixto comprimido que se enfrió en el intercambiador de calor a un refrigerador. Preferiblemente, el refrigerador es accionado, al menos en parte, por el calor residual, en particular el calor residual que se produce a partir de la etapa de compresión.
- 15 En una realización de la invención, la temperatura del fluido enfriador refrigerante mixto está a una temperatura o por debajo de una temperatura en la cual el gas de alimentación pretratado se condensa. Preferiblemente, la temperatura del fluido enfriador refrigerante mixto es inferior a -150 °C.
- 20 En una realización de la invención, el refrigerante mixto contiene los compuestos que se seleccionan a partir de un grupo que consiste en nitrógeno e hidrocarburos que contienen desde 1 hasta 5 átomos de carbono. Preferiblemente, el refrigerante mixto comprende nitrógeno, metano, etano o etileno, isobutano y/o n-butano. En una realización preferente, la composición para el refrigerante mixto es como sigue en los intervalos en porcentaje de fracción molar: nitrógeno: aproximadamente 5 hasta aproximadamente 15: metano: aproximadamente 25 hasta aproximadamente 35: C2: aproximadamente 33 hasta aproximadamente 42: C3: 0 hasta aproximadamente 10: C4: 0 hasta aproximadamente 20, aproximadamente; y C5: 0 hasta aproximadamente 20. La composición del refrigerante mixto se puede seleccionar de modo que las curvas de enfriamiento y calentamiento compuestas del refrigerante mixto se emparejen dentro de aproximadamente 2 °C uno de otro, y que las curvas de enfriamiento y calentamiento compuestas sean sustancialmente continuas.
- 25 En una realización de la invención, el gas hidrocarbonado es gas natural o metano de filones de carbón. Preferiblemente, el gas hidrocarbonado se recupera a partir de la zona de refrigeración a una temperatura de o por debajo de la temperatura de licuefacción de metano.
- En un segundo aspecto la invención proporciona un sistema de licuefacción de gas hidrocarbonado, de acuerdo con la reivindicación 5.
- 30 De acuerdo con la invención, el compresor es un compresor de una única etapa. Preferiblemente, el compresor es un compresor centrífugo de una única etapa que se acciona directamente (sin caja de engranajes) mediante una turbina de gas. En una realización alternativa, el compresor es un compresor de dos etapas con enfriador intermedio y depurador interetapa, que está opcionalmente provisto con una caja de engranajes.
- 35 La turbina de gas está acoplada con un generador de vapor en una configuración mediante la cual, en uso, el calor residual de la turbina de gas facilita la producción de vapor en el generador de vapor. En una realización más, el sistema comprende un generador de turbina de vapor única que está configurado para producir energía eléctrica. Preferiblemente, la cantidad de energía eléctrica generada por el generador de la turbina de vapor simple única es suficiente para accionar el sistema de refrigeración auxiliar.
- 40 De acuerdo con la invención, el refrigerante auxiliar comprende amoníaco de baja temperatura, y el sistema de refrigeración auxiliar comprende uno o más paquetes de refrigeración de amoníaco. Preferiblemente, el único o más paquetes de refrigeración con amoníaco se enfrían mediante enfriadores de aire o enfriadores de agua.
- El sistema de refrigeración auxiliar está en comunicación de intercambio de calor con la turbina de gas; la comunicación de intercambio de calor está configurada de tal manera que efectúa el enfriamiento del aire de entrada de la turbina de gas mediante el sistema de refrigeración auxiliar.
- 45 En una realización más de la invención, el sistema comprende un enfriador para enfriar el refrigerante mixto comprimido antes de que el refrigerante mixto comprimido sea recibido en el intercambiador de calor de refrigeración. Preferiblemente, el enfriador es un intercambiador de calor enfriado por aire, o un intercambiador de calor enfriado por agua. En una realización alternativa de la invención, el enfriador comprende, además, un refrigerador en combinación secuencial con el intercambiador de calor enfriado por aire o por agua. Preferiblemente, el refrigerador es accionado, al menos en parte, por el calor residual que se produce desde el compresor, en particular el calor residual que se produce desde la unidad de la turbina de gas.
- 50 En otra realización más de la invención, el líquido hidrocarbonado en la línea de líquido hidrocarbonado se expande a través de un expansor para enfriar adicionalmente el líquido hidrocarbonado.
- Descripción de los dibujos**
- 55 A continuación, se describirán las realizaciones preferentes, que incorporan todos los aspectos de la invención, por medio de ejemplos solo con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un proceso para licuar un material fluido, como por ejemplo gas natural o CSG, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 2 es una curva de enfriamiento y calentamiento compuesta para un refrigerante mixto único y el material fluido.

Descripción detallada de la realización preferente

- 5 Con referencia a la figura 1, se muestra un proceso para enfriar un material fluido a temperaturas criogénicas a los fines de su licuefacción. Ejemplos ilustrativos de un material fluido incluyen, pero sin estar limitados, gas natural y gas de filones de carbón (CSG). Mientras que esta realización específica de la invención se describe con relación a la producción de gas natural licuado (GNL) a partir del gas natural o del CSG, se prevé que el proceso se puede aplicar a otros materiales fluidos los cuales se pueden licuar a temperaturas criogénicas.
- 10 La producción de GNL se obtiene, ampliamente, mediante el pretratamiento de gas natural o de gas de alimentación de CSG para eliminar agua, dióxido de carbono, y opcionalmente, otras especies que pueden solidificar corriente abajo a temperaturas que se acercan a la licuefacción, y posteriormente enfriar el gas de alimentación pretratado a temperaturas criogénicas a las cuales se produce el GNL.
- 15 Con referencia a la figura 1, el gas de alimentación 60 ingresa al proceso a una presión controlada de aproximadamente 900 psi. El dióxido de carbono se elimina a partir de allí al pasarlo a través de una planta convencional de destilación de CO₂ compacta 62 donde el CO₂ se elimina hasta aproximadamente 50 - 150 ppm. Ejemplos ilustrativos de una planta de destilación 62 de CO₂ incluyen un paquete de amina que tiene un contactor de amina (por ej., MDEA) y un evaporador de amina. Típicamente, el gas que sale del contactor de amina es saturado con agua (por ej., ~70 lb/MMscf). A fin de eliminar el agua a granel, el gas se enfría hasta casi su punto de hidrato (por ej., ~15 °C) con un refrigerador 66.
- 20 Preferiblemente, el refrigerador 66 utiliza capacidad de enfriamiento desde un sistema de refrigeración auxiliar 20. El agua condensada se elimina de la corriente de gas enfriada y vuelve al paquete de amina para complemento.
- El agua debe ser eliminada de la corriente de gas enfriada hasta ≤ 1 ppm antes de la licuefacción para evitar el congelamiento cuando la temperatura de la corriente de gas es reducida hasta por debajo del punto de congelamiento del hidrato. En consecuencia, la corriente de gas enfriada con un contenido de agua reducido (por ej., ~20 lb/MMscf)
- 25 pasa a una planta de deshidratación 64. La planta de deshidratación 64 comprende tres recipientes de malla molecular. Típicamente, dos recipientes de malla molecular operarán en modo de adsorción mientras el tercer recipiente es regenerado o en modo de reserva. Una corriente lateral de gas seco que sale del recipiente de servicio se utiliza para el gas de regeneración. El gas de regeneración húmedo se enfría mediante el uso de aire, y el agua condensada se separa. La corriente de gas saturada se calienta y se utiliza como gas combustible. El gas de evaporación (BOG) se
- 30 utiliza, preferiblemente, como gas de regeneración/combustible (como se describirá posteriormente) y cualquier insuficiencia se suministra a partir de la corriente de gas seco. No se requiere compresor de reciclado para el gas de regeneración.
- El gas de alimentación 60 se puede someter, opcionalmente, a más tratamiento para eliminar otras especies ácidas o similares, como por ej., compuestos de azufre, si bien se apreciará que muchos compuestos de azufre se pueden
- 35 eliminar, de manera concurrente, con dióxido de carbono en la planta de destilación de CO₂ 62.
- Como resultado del pretratamiento, el gas de alimentación 60 se calienta hasta temperaturas de hasta 50 °C. En una realización de la presente invención, el gas de alimentación retratado se puede enfriar, opcionalmente, con un refrigerador (que no se muestra) hasta una temperatura de aproximadamente 10 °C hasta -50 °C. Ejemplos adecuados del refrigerador, el cual se puede emplear en el procedimiento de la presente invención, incluyen, pero sin estar
- 40 limitados, un refrigerador de absorción con amoníaco, un refrigerador de absorción con bromuro de litio, y similares, o el sistema de refrigeración auxiliar 20.
- De manera ventajosa, según la composición del gas de alimentación, el refrigerador puede condensar hidrocarburos pesados en la corriente pretratada. Estos componentes condensados pueden formar, o bien una corriente de producto adicional, o se pueden utilizar como gas combustible o como un gas de regeneración en varias partes del sistema.
- 45 El enfriamiento de la corriente de gas pretratada tiene la ventaja esencial de reducir significativamente la carga de enfriamiento necesaria para la licuefacción, en algunos casos hasta en un 30 % cuando se compara con la técnica anterior.
- La corriente de gas pretratada enfriada se suministra a una zona de refrigeración 28 a través de la línea 32 donde dicha corriente se licúa.
- 50 La zona de refrigeración 28 comprende un intercambiador de calor refrigerado en donde la refrigeración se proporciona mediante un refrigerante mixto y un sistema de refrigeración auxiliar 20. Preferiblemente, el intercambiador de calor comprende núcleos del intercambiador de aletas de placas de aluminio con soldadura fuerte que están encerrados en una caja de acero purgada.
- El intercambiador de calor refrigerado tiene una primera trayectoria de intercambio de calor 40 en comunicación fluida con el compresor 12, una segunda trayectoria de intercambio de calor 42, y una tercera trayectoria de intercambio de calor 44. Cada una de las primera, segunda y tercera trayectorias de intercambio de calor 40, 42, 44 se extienden a través del intercambiador de calor refrigerado como se muestra en la figura 1. El intercambiador de calor refrigerado

también está provisto con una cuarta trayectoria de intercambio de calor 46, la cual se extiende a través de una parte del intercambiador de calor refrigerado, en particular, su parte fría. La segunda y cuarta trayectorias de intercambio de calor 42, 46 están posicionadas en contracorriente del intercambio de calor con relación a la primera y a la tercera trayectoria de intercambio de calor 40, 44.

5 La refrigeración se proporciona a la zona de refrigeración 28 mediante la circulación del refrigerante mixto a través de ella. El refrigerante mixto de un tambor de succión de refrigerante 10 pasa al compresor 12. El compresor 12 consiste, preferiblemente, en dos compresores centrífugos de única etapa paralelos, cada uno de ellos está accionado directamente por turbinas de gas 100, en particular una turbina de gas aeroderivada. De forma alternativa, el compresor 12 puede ser un compresor de dos etapas con enfriador intermedio y depurador interetapa. Típicamente, el compresor 10 12 es de un tipo que opera a una eficiencia de aproximadamente 75 % hasta aproximadamente 85 %.

El calor residual de las turbinas de gas 100 se puede utilizar para generar vapor, el cual a su vez se utiliza para accionar un generador eléctrico (que no se muestra). De esta manera, se puede generar suficiente energía para suministrar electricidad a todos los componentes eléctricos en la planta de licuefacción, en particular el sistema de refrigeración auxiliar 20.

15 El vapor que se genera mediante el calor residual de las turbinas de gas 100 también se puede utilizar para calentar el evaporador de amina de la planta de destilación de CO₂ 62 para la regeneración de las mallas moleculares de la planta de deshidratación 64, el gas de regeneración y el gas combustible.

El refrigerante mixto se comprime hasta una presión que oscila desde aproximadamente 30 hasta 50 bar, y típicamente hasta una presión de aproximadamente 35 hasta aproximadamente 40 bar. La temperatura del refrigerante mixto 20 comprimido aumenta como consecuencia de la compresión en el compresor 12 hasta una temperatura que oscila desde aproximadamente 120 °C hasta aproximadamente 160 °C, y típicamente hasta aproximadamente 140 °C.

El refrigerante mixto comprimido pasa, posteriormente, a través de la línea 14 hasta un enfriador 16 para reducir la temperatura del refrigerante mixto comprimido hasta por debajo de 45 °C. En una realización, el enfriador 16 es un intercambiador de calor de tubo de aletas enfriado por aire, donde el refrigerante mixto comprimido es enfriado al pasar 25 el refrigerante mixto comprimido en una relación de contracorriente con un fluido como por ej., aire, o similar. En una realización alternativa, el enfriador 16 es un intercambiador de calor de carcasa y tubo donde el refrigerante mixto comprimido es enfriado al pasar el refrigerante mixto comprimido en una relación de contracorriente con un fluido, como por ej., agua, o similar.

El refrigerante mixto comprimido enfriado pasa a la primera trayectoria de intercambio de calor 40 de la zona de 30 refrigeración 28, donde es enfriado posteriormente y expandido mediante un expansor 48, preferiblemente mediante el uso del efecto Joule-Thomson, proporcionando, de este modo, enfriamiento para la zona de refrigeración 28 en la forma de un fluido enfriador refrigerante mixto. El fluido enfriador refrigerante mixto pasa a través de la segunda trayectoria de intercambio de calor 42 donde es calentado en intercambio de calor a contracorriente con el refrigerante mixto comprimido, y el gas de alimentación pretratado pasa a través de la primera y la tercera trayectoria de intercambio de 35 calor 40, 44, respectivamente. El gas refrigerante mixto retorna, posteriormente, al tambor de succión del refrigerante 10 antes de ingresar al compresor 12, completando, de este modo, el proceso del refrigerante mixto único de bucle cerrado.

El complemento de refrigerante mixto se proporciona a partir del material fluido o del gas de evaporación (metano y/o 40 hidrocarburos C2-C5), el generador de nitrógeno (nitrógeno) con cualquiera de uno o más de los componentes refrigerantes de origen externo.

El refrigerante mixto contiene los compuestos que se seleccionan a partir de un grupo que consiste en nitrógeno e hidrocarburos que contienen desde 1 hasta aproximadamente 5 átomos de carbono. Cuando el material fluido a ser enfriado es gas natural o gas de filones de carbón, una composición adecuada para el refrigerante mixto es la siguiente 45 en los siguientes intervalos en porcentaje de fracción molar: nitrógeno: aproximadamente 5 hasta aproximadamente 15; metano: aproximadamente 25 hasta aproximadamente 35; C2: aproximadamente 33 hasta aproximadamente 42; C3: 0 hasta aproximadamente 10; C4: 0 hasta aproximadamente 20 aproximadamente; y C5: 0 hasta aproximadamente 20. En una realización preferente, el refrigerante mixto comprende nitrógeno, metano, etano o etileno, e isobutano y/o n-butano.

La figura 2 muestra una curva de enfriamiento y calentamiento compuesta para el refrigerante mixto único y el gas 50 natural. La proximidad de las curvas hasta dentro de aproximadamente 2° indica las eficiencias del proceso y del sistema de la presente invención.

Se puede proporcionar refrigeración adicional a la zona de refrigeración 28 mediante el sistema de refrigeración auxiliar 20. El sistema de refrigeración auxiliar 20 comprende uno o más paquetes de refrigeración con amoníaco enfriados mediante enfriadores de aire. Un refrigerante auxiliar, como por ej., amoníaco frío, pasa a través de la cuarta trayectoria 55 de intercambio de calor 44 que está ubicada en una zona fría de la zona de refrigeración 28. Por este medio, hasta aproximadamente 70 % de la capacidad de enfriamiento disponible del sistema de refrigeración auxiliar 20 puede ser dirigida hacia la zona de refrigeración 28. El enfriamiento auxiliar tiene el efecto de producir un 20 % adicional de GNL,

y, además, mejora la eficiencia de la planta, por ejemplo, el consumo de combustible en la turbina de gas 100 en un 20 % separado.

5 El sistema de refrigeración auxiliar 20 utiliza calor residual que se genera a partir de los gases de escape calientes de la turbina de gas 100 para generar el refrigerante para el sistema de refrigeración auxiliar 20. Se apreciará, sin embargo, que el calor residual adicional generado por otros componentes en la planta de licuefacción también se puede utilizar para regenerar el refrigerante para el sistema de refrigeración auxiliar 20, como por ej., puede estar disponible como calor residual de otros compresores, motores primarios que se utilizan en la generación de energía, gases de antorcha calientes, gases o líquidos residuales, energía solar, y similares.

10 El sistema de refrigeración auxiliar 20 también se utiliza para enfriar la entrada de aire para la turbina de gas 100. De importancia, el enfriamiento del aire de entrada de la turbina de gas agrega 15-25 % a la capacidad de producción de la planta ya que el rendimiento del compresor es proporcional al rendimiento del GNL

15 El gas licuado es recuperado de la tercera trayectoria de intercambio de calor 44 de la zona de refrigeración 28 a través de una línea 72 a una temperatura desde aproximadamente -150 °C hasta aproximadamente -170 °C. El gas licuado es expandido, a continuación, a través del expansor 74, el cual reduce, en consecuencia, la temperatura del gas licuado hasta aproximadamente -160 °C. Ejemplos adecuados de expansores que se pueden utilizar en la presente invención incluyen, pero sin estar limitados, válvulas de expansión, válvulas JT, dispositivos Venturi y un expansor mecánico giratorio.

El gas licuado es dirigido hacia el tanque de almacenamiento 76 a través de la línea 78.

20 Los gases de evaporación (BOG) que se generan en el tanque de almacenamiento 76 se pueden cargar a un compresor 78, preferiblemente, un compresor de baja presión, a través de la línea 80. El BOG comprimido es proporcionado a la zona de refrigeración 28 a través de la línea 82 y pasa a través de una parte de la zona de refrigeración 28 donde dicho BOG comprimido es enfriado hasta una temperatura desde aproximadamente 150 °C hasta aproximadamente -170°C.

25 A estas temperaturas, una parte del BOG se condensa hasta una fase líquida. En particular, la fase líquida del BOG enfriado comprende, ampliamente, metano. Si bien la fase de vapor del BOG enfriado comprende, además, metano, con relación a la fase líquida hay un incremento en la concentración de nitrógeno, típicamente desde aproximadamente 20 % hasta aproximadamente 60 %. La composición resultante de dicha fase de vapor es adecuada para su uso como un gas combustible.

La mezcla bifásica resultante pasa a un separador 84 a través de la línea 86, con lo cual la fase líquida separada es redirigida hacia atrás hacia el tanque de almacenamiento 76 a través de la línea 88.

30 La fase de gas enfriada que se separó en el separador 84 pasa a un compresor, preferiblemente un compresor de alta presión, y se utiliza en la planta como gas combustible y/o gas de regeneración a través de la línea.

35 De manera alternativa, la fase de gas enfriada que se separó en el separador 84 es adecuado para su uso como un medio de enfriamiento para circular a través de un sistema de línea de flujo criogénico para la transferencia de los fluidos criogénicos, como por ejemplo el GNL o el metano líquido del gas de filones de carbón, desde un tanque de almacenamiento 76 hacia una instalación de recepción/carga, para mantener el sistema de línea de flujo a las temperaturas criogénicas o, de forma marginal, por encima de estas.

40 Con referencia a la figura 1, se muestra una línea de transferencia principal 92 y una línea de retorno de vapor 94, ambos conectan, de manera fluida, el tanque de almacenamiento 76 a una instalación de carga/recepción (que no se muestra). El tanque de almacenamiento 76 está provisto con una bomba 96 para bombear GNL desde el tanque de almacenamiento 76 a través de la línea de transferencia principal 92.

45 Como se describió previamente, la fase de gas enfriada que se separó en el separador 84 es adecuada para su uso como un medio de enfriamiento para circular a través de un sistema de línea de flujo criogénica para transferencia de los fluidos criogénicos. En consecuencia, la fase de gas enfriada que se separó en el separador 84 es dirigida a través de la línea 78 hacia la línea de transferencia principal 92, con lo cual la fase de gas enfriada circula a través de la línea de transferencia principal 92 y la línea de retorno de vapor 94 para mantener el sistema de línea de flujo criogénico a una temperatura igual o, ligeramente por encima de las temperaturas criogénicas.

Preferiblemente, la línea de retorno de vapor 94 se conecta, de manera fluida, a una entrada del compresor 78 de modo que los gases de evaporación que se generan durante las operaciones de transferencia pueden ser tratados, de manera conveniente, de acuerdo con el proceso para tratar gases de evaporación, como se describió anteriormente.

50 Antes de comenzar las operaciones de transferencia, se prevé que el enfriamiento y el llenado adicional de la línea de transferencia principal 92 se podría obtener mediante la imprimación de dicha línea 92 al pasar la fase líquida que se separó en el separador 84 o el material fluido líquido que se descargó del intercambiador de calor 28 a través de dicha línea 92 mediante la línea 99. Se anticipa que cualquier fase líquida que quede en la línea 99 después de la terminación de las operaciones de transferencia podría autodrenarse hacia atrás al tanque de almacenamiento 76 bajo la presión inherente que se autogeneró en la línea 99 del calentamiento ambiental.

55

El procedimiento y el sistema que se describió anteriormente tienen las siguientes ventajas sobre las plantas de GNL tradicionales:

5 (1) Los sistemas de tecnología de calor y energía combinados integrados (CHP) utilizan calor residual desde las turbinas de gas 100 más el encendido auxiliar con gas de evaporación recuperado (el cual es gas residual Btu bajo) para proporcionar todos los requisitos de calentamiento y energía eléctrica mediante un generador de turbina de vapor para la planta de GNL. El calor residual también se utiliza para accionar los compresores de refrigeración de amoníaco compactos estándares del sistema de refrigeración auxiliar 20, lo cual proporciona refrigeración adicional para:

- 10
- enfriar el aire de entrada de la turbina de gas, mejorando, de este modo, la capacidad de la planta en 15-25 %;
 - enfriar el procedimiento general, reduciendo, de este modo, el tamaño de la planta de deshidratación y equilibrando el gas de regeneración con el gas combustible necesario para alimentar las turbinas de gas 100;
 - enfriar de manera adicional la zona de refrigeración, mejorando, de este modo, la capacidad de producción en la planta en hasta 20 % y la eficiencia de la energía en hasta otros 20 %.

15 (2) El sistema refrigerante mixto está diseñado para proporcionar un emparejamiento cercano en las curvas de enfriamiento maximizando, de este modo, la eficiencia de refrigeración. La integración del sistema de refrigeración auxiliar 20 con la zona de refrigeración 28 mejora la transferencia de calor en el extremo cálido del intercambiador de calor al incrementar el LMTD que reduce el tamaño del intercambiador de calor. Esto proporciona, además, una temperatura de succión del refrigerante mixto frío al compresor, lo cual mejora significativamente la capacidad del compresor.

20

(3) La alta eficiencia, el uso de CHP para cumplir los requisitos de energía eléctrica y de calor de la planta y el uso de cámaras combustibles de emisiones bajas secas en las turbinas de gas 100 da lugar a emisiones generales muy bajas.

25 (4) Recuperación eficiente de BOG. El sistema está configurado para recuperar el vapor instantáneo y el BOG que se generaron del tanque de almacenamiento 76 y desde la instalación de recepción/carga (por ej., barcos) durante la carga. El gas BOG está comprimido en el compresor 78 donde se vuelve a licuar en la zona de refrigeración 28 para recuperar metano en forma de líquido. El metano líquido es devuelto al tanque de almacenamiento 26 y el vapor instantáneo, el cual está concentrado en nitrógeno, se utiliza para el encendido auxiliar del escape de la turbina de gas 100. Esta es una forma rentable y de eficiencia energética para tratar con el BOG y rechazar el nitrógeno del sistema, y al mismo tiempo, minimizar o eliminar la combustión en antorcha durante la carga.

30

(5) Sistema eficiente de línea de flujo de transferencia. El sistema está configurado para proporcionar una reducción en la pérdida de calor de las líneas de transferencia y una reducción concomitante en el BOG que se generó en estas, una parte del cual se procesa bajo combustión en antorcha en las condiciones de la técnica anterior. En la presente invención, cualquier BOG que se genera en las líneas de flujo de transferencia se puede recircular al compresor 78 y a la zona de refrigeración 28 para licuefacción, y utilizar como medio de enfriamiento. Además, el procedimiento y el sistema obvian la necesidad de las líneas de transferencia adicionales y de las bombas asociadas para circulación, reduciendo, de este modo el gasto en capital de dicho sistema.

35

(6) Costos inferiores de capital y operativos/de mantenimiento de la planta. Los pocos elementos del equipo y los paquetes modulares dan lugar a trabajos civiles, mecánicos, de tubería, eléctricos y de instrumentación reducidos, y aun programa de construcción rápida; todo lo cual contribuye a la reducción de costos. Esto da lugar a operaciones simples que requieren menos personal operativo y de mantenimiento.

40

Se debe entender que, si bien se puede hacer referencia al uso de la técnica anterior y a las publicaciones en la presente, dicha referencia no constituye un reconocimiento de que cualquiera de estos forma una parte del conocimiento general común en la técnica, en Australia o en cualquier otro país.

45 A los fines de esta memoria descriptiva, se entenderá claramente que la expresión «que comprende» significa «que incluye, pero sin estar limitado» y que la palabra «comprende» tiene un significado correspondiente.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de licuefacción de un gas de alimentación hidrocarbonado (60) que comprende las etapas de:

(a) pretratar el gas de alimentación hidrocarbonado (40) para eliminar las especies ácidas y el agua del mismo;

5 (b) proporcionar una zona de refrigeración (28), en el que la refrigeración en la zona de refrigeración (28) se proporciona mediante la circulación de un refrigerante mixto desde un sistema de refrigerante mixto y un refrigerante auxiliar desde un sistema de refrigeración auxiliar (20) a través de la zona de refrigeración (28);

10 (c) acoplar el sistema de refrigerante mixto y el sistema de refrigeración auxiliar (20) de una manera en la que el sistema de refrigeración auxiliar (20) es accionado, al menos en parte, por el calor residual generado por el refrigerante mixto; y

(d) pasar el gas de alimentación pretratado a través de la zona de refrigeración (28) donde el gas de alimentación pretratado es enfriado, y expandir el gas de alimentación enfriado para producir un líquido hidrocarbonado, **caracterizado porque** la etapa de circulación de un refrigerante mixto a través de la zona de refrigeración (28) comprende:

15 i) comprimir el refrigerante mixto en un compresor (12);

ii) pasar el refrigerante mixto comprimido a través de una primera trayectoria de intercambio de calor (40) que se extiende a través de la zona de refrigeración (28) donde el refrigerante mixto comprimido se enfría y se expande para producir un fluido enfriador refrigerante mixto;

20 iii) pasar el fluido enfriador refrigerante mixto a través de una segunda trayectoria de intercambio de calor (42) que se extiende a través de la zona de refrigeración (28) para producir un refrigerante mixto; y

iv) recircular el refrigerante mixto al compresor (12),

porque el procedimiento además comprende el calor residual que es producido desde una turbina de gas (100) que acciona el compresor (12) en la etapa de compresión, y **porque** el calor residual es utilizado para producir vapor en un generador de turbina de vapor único que está configurado para producir energía eléctrica la cual acciona los compresores de refrigeración auxiliar, y **porque** el sistema de refrigerante auxiliar comprende uno o más paquetes de refrigeración con amoníaco.

2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el procedimiento comprende, además, el enfriamiento del aire de entrada a la turbina de gas (100) que está directamente acoplada al compresor de refrigerante mixto (12) con el refrigerante auxiliar.

3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la etapa de pasar el gas de alimentación pretratado a través de la zona de refrigeración (28) comprende el paso del gas de alimentación pretratado a través de una tercera trayectoria de intercambio de calor (44) en la zona de refrigeración (28), y

35 **porque** la etapa de circulación del refrigerante auxiliar a través de la zona de refrigeración (28) comprende pasar el refrigerante auxiliar a través de una cuarta trayectoria de intercambio de calor (46) que se extiende a través de una parte de la zona de refrigeración (28), y

porque la segunda y la cuarta trayectoria de intercambio de calor (42, 46) se extienden en relación de intercambio de calor a contracorriente con la primera y la tercera trayectorias de intercambio de calor (40, 44).

4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** el aire de entrada es enfriado hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 5 °C - 10 °C, y

porque la etapa de compresión del refrigerante mixto aumenta la presión de este, desde aproximadamente 30 hasta 50 bar, y

porque el procedimiento comprende el enfriamiento del refrigerante mixto comprimido antes de pasar el refrigerante mixto comprimido hacia la primera trayectoria de intercambio de calor, y

45 **porque** la segunda y la cuarta trayectoria de intercambio de calor (42, 46) se extienden en relación de intercambio de calor a contracorriente con la primera y la tercera trayectoria de intercambio de calor (40, 44), y

porque el refrigerante mixto comprimido es enfriado hasta una temperatura inferior a 50 °C, y **porque** el refrigerante mixto comprimido es enfriado hasta aproximadamente 10 °C, y

50 **porque** la etapa del enfriamiento del refrigerante mixto comprimido comprende pasar el refrigerante mixto comprimido desde el compresor (12) hacia un intercambiador de calor (10), y

porque el intercambiador de calor (46) es un enfriador de aire o de agua, y

en el que la etapa de enfriamiento comprende pasar el refrigerante mixto comprimido desde el compresor (12) hacia el intercambiador de calor (46) y, posteriormente, pasar el refrigerante mixto comprimido que se enfrió en el intercambiador de calor (46) a un refrigerador, y

porque el refrigerador es accionado, al menos en parte, por el calor residual, y

5 **porque** el calor residual es producido desde la turbina de gas (100) que acciona el compresor (12) en la etapa de compresión, y

porque la temperatura del fluido enfriador refrigerante mixto es igual o está por debajo de la temperatura a la cual el gas de alimentación pretratado se condensa, y

porque la temperatura del fluido enfriador refrigerante mixto es inferior a -150 °C, y

10 **porque** el refrigerante mixto contiene los compuestos que se seleccionan de un grupo que consiste en nitrógeno e hidrocarburos que contienen desde 1 hasta 5 átomos de carbono, y

porque el refrigerante mixto comprende nitrógeno, metano, etano o etileno, isobutano y/o n-butano, y

porque la composición del refrigerante mixto está en los siguientes intervalos de porcentaje de fracción molar: nitrógeno: aproximadamente 5 hasta aproximadamente 15; metano: aproximadamente 25 hasta aproximadamente 35; C2: aproximadamente 33 para que el gas de alimentación hidrocarbonado (60) sea gas natural o metano de filones de carbón, y

15 **porque** el gas de alimentación hidrocarbonado (60) es recuperado desde la zona de refrigeración a una temperatura igual o por debajo de la temperatura de licuefacción de metano.

porque el gas de alimentación hidrocarbonado (60) es recuperado desde la zona de refrigeración a una temperatura igual o por debajo de la temperatura de licuefacción de metano.

5. Un sistema de licuefacción de gas hidrocarbonado que comprende:

20 a) un refrigerante mixto;

b) un compresor (12) para comprimir el refrigerante mixto, en el que el compresor es un compresor de única etapa que se acciona mediante una turbina de gas;

c) un intercambiador de calor de refrigeración para enfriar un gas de alimentación pretratado para producir un líquido hidrocarbonado, teniendo el intercambiador de calor de refrigeración una primera trayectoria de intercambio de calor (40) en comunicación de fluido con el compresor (12), una segunda trayectoria de intercambio de calor (42), y una tercera trayectoria de intercambio de calor (44), la primera, la segunda y la tercera trayectorias de intercambio de calor (40, 42, 44) se extienden a través de una zona de refrigeración (28), y una cuarta trayectoria de intercambio de calor (40) se extiende a través de una parte de la zona de refrigeración (28), la segunda y la cuarta trayectorias de intercambio de calor (42, 46) están posicionadas en relación de intercambio de calor a contracorriente con la primera y la tercera trayectorias de intercambio de calor (40, 44);

30 un expansor (48) en comunicación de fluido con una salida de la primera trayectoria de intercambio de calor (40) y una entrada a la segunda trayectoria de intercambio de calor (42);

d) una línea de refrigerante mixto de recirculación en comunicación de fluido con una salida de la segunda trayectoria de intercambio de calor (42) y una entrada al compresor (12);

35 e) un sistema de refrigeración auxiliar (20) que tiene un refrigerante auxiliar en comunicación de fluido con la cuarta trayectoria de intercambio de calor (46);

f) una fuente de gas de alimentación pretratado en comunicación de fluido con una entrada de la tercera trayectoria de intercambio de calor (44); y

40 g) una línea de líquido hidrocarbonado (78) en comunicación de fluido con una salida de la tercera trayectoria de intercambio de calor (44), mediante lo cual la turbina de gas (100) se acopla con un generador de vapor en una configuración mediante la cual, en uso, el calor residual de la turbina de gas (100) produce vapor en el generador de vapor, el cual se acopla a un único generador de turbina de vapor configurado para producir energía eléctrica, mediante lo cual la cantidad de energía eléctrica generada por el generador de turbina de vapor único acciona el sistema de refrigeración auxiliar, y mediante lo cual el refrigerante auxiliar comprende amoníaco de baja temperatura y el sistema de refrigeración auxiliar (20) comprende uno o más paquetes de refrigeración con amoníaco.

6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el compresor es una centrífuga de única etapa, o el compresor (12) es un compresor de dos etapas accionado por las respectivas turbinas de gas (100) con enfriador intermedio y depurador interetapa.

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el uno o más paquetes de refrigeración con amoníaco se enfrían mediante enfriadores de aire.

8. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** el sistema de refrigeración auxiliar (20) está en comunicación de intercambio de calor con la turbina de gas (100); estando la

comunicación de intercambio de calor configurada de tal manera que efectúa el enfriamiento del aire de entrada de la turbina de gas mediante el sistema de refrigeración auxiliar (20).

5 9. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado porque** el sistema comprende un enfriador para enfriar el refrigerante mixto comprimido antes de que el refrigerante mixto comprimido sea recibido en el intercambiador de calor de refrigeración.

10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el enfriador es un intercambiador de calor enfriado por aire, o un intercambiador de calor enfriado por agua.

10 11. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, **caracterizado porque** el líquido hidrocarbonado en la línea de líquido hidrocarbonado (72) se expande a través de un expansor (74) para enfriar adicionalmente el líquido hidrocarbonado.

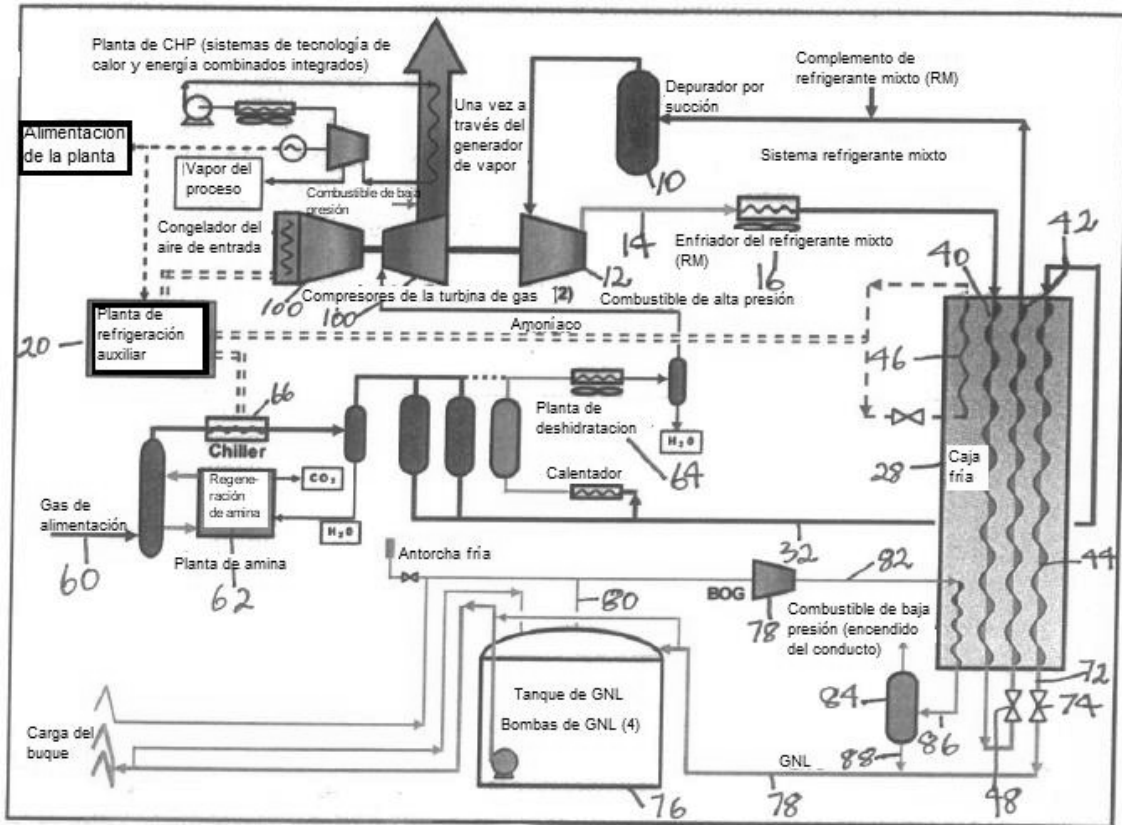
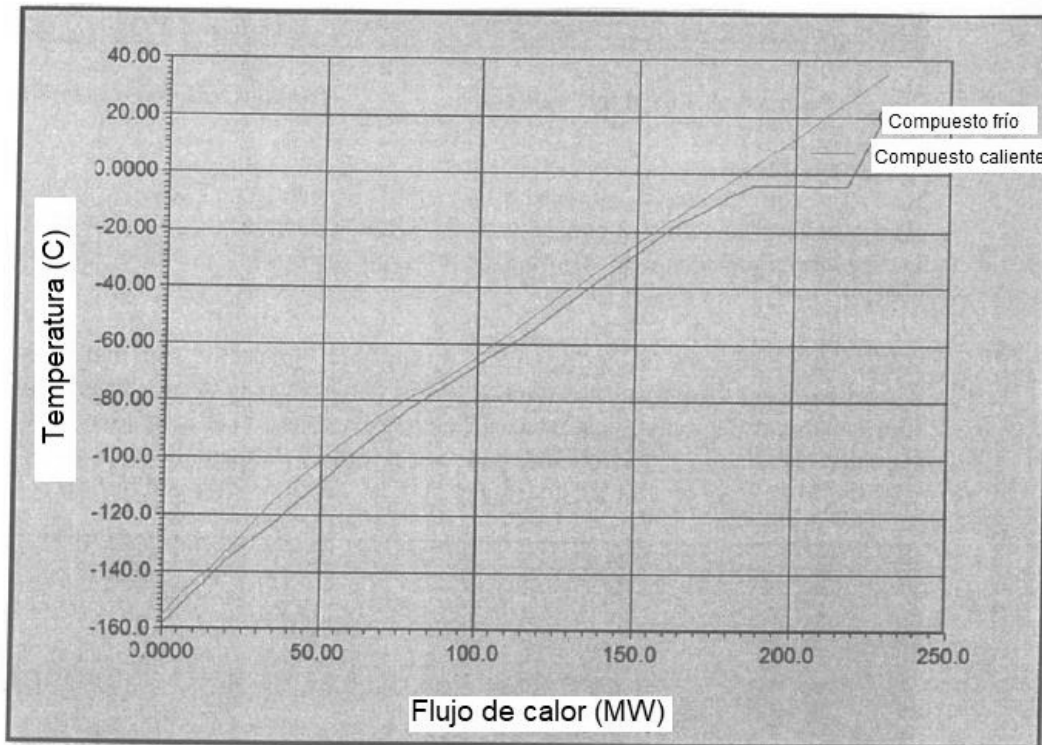


FIGURA 1



Curvas de enfriamiento compuestas

FIGURA 2