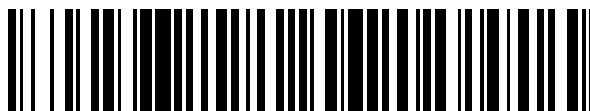


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 492**

51 Int. Cl.:

F28D 9/00 (2006.01)

F28F 3/14 (2006.01)

F28F 13/00 (2006.01)

F28F 21/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2015 PCT/US2015/017951**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15134313**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2015 E 15759344 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 3114421**

54 Título: **Intercambiador de calor para una instalación de gas natural licuado**

30 Prioridad:

04.03.2014 US 201461947797 P

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

22.11.2019

73 Titular/es:

**CONOCOPHILLIPS COMPANY (100.0%)
925 N. Eldridge Parkway
Houston, Texas 77079, US**

72 Inventor/es:

**QUALLS, WESLEY, R.;
GENTRY, MATTHEW, C.;
LEGER, PAULA, A.;
BOULANGER, ROBERT, L. y
WILSON, STUART L.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 492 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

Intercambiador de calor para una instalación de gas natural licuado

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a sistemas y procesos para licuar gas natural. En otro aspecto, la invención se refiere a procesos e instalaciones de GNL que utilizan un sistema de eliminación de elementos pesados. En otro aspecto, la invención se refiere a un suministro de integración de calor y chorros de descarga de compresor con un sistema de eliminación de elementos pesados en una instalación de GNL.

Antecedentes de la invención

10 La licuación criogénica se usa normalmente para transformar gas natural en una forma más conveniente para su transporte y/o almacenamiento. Debido a que licuar el gas natural reduce en gran medida su volumen específico, es posible transportar y/o almacenar en forma licuada grandes cantidades de gas natural de manera económica.

15 El transporte de gas natural en forma licuada permite asociar de forma eficaz una fuente de gas natural con un mercado distante cuando la fuente y el mercado no están conectados mediante un gasoducto. Esta situación se produce normalmente cuando la fuente de gas natural y el mercado de gas natural están separados por grandes masas de agua. En tales casos, el gas natural licuado (GNL) puede ser transportado desde la fuente al mercado usando buques cisterna oceánicos de GNL diseñados especialmente.

20 El almacenamiento del gas natural en forma licuada puede ayudar a equilibrar las fluctuaciones periódicas en la oferta y la demanda de gas natural. De forma específica, el GNL puede usarse como reserva cuando la demanda de gas natural es baja y/o la oferta es elevada. En consecuencia, es posible satisfacer picos de demanda futuros con el GNL almacenado, que puede ser vaporizado según la demanda.

25 Existen diversos métodos para licuar gas natural. Algunos métodos producen un producto de GNL presurizado (PLNG) que es útil, pero que requiere recipientes a presión caros para su almacenamiento y transporte. Otros métodos producen un producto de GNL que tiene una presión atmosférica o similar a la misma. En general, estos métodos de producción de GNL no presurizado suponen enfriar un chorro de gas natural a través de intercambio de calor indirecto con uno o más refrigerantes y expandir posteriormente el chorro de gas natural enfriado hasta un valor similar a la presión atmosférica. Además, la mayor parte de instalaciones de GNL utilizan uno o más sistemas para eliminar contaminantes (p. ej., agua, mercurio y componentes de mercurio, gases ácidos y nitrógeno, así como una parte de etano y componentes más pesados) del chorro de gas natural en puntos diferentes durante el proceso de licuación.

30 En general, las instalaciones de GNL están diseñadas y funcionan para suministrar GNL a un único mercado en una región específica del mundo. Debido a que las especificaciones de las características finales del producto de gas natural, tales como, por ejemplo, el poder calorífico superior (HHV), el índice de Wobbe, el contenido de metano, el contenido de etano, el contenido de C₃₊ y el contenido de elementos inertes, varían considerablemente en todo el mundo, las instalaciones de GNL están optimizadas normalmente para satisfacer un grupo determinado de especificaciones para un único mercado. En gran parte, la obtención de las rigurosas especificaciones de producto finales supone eliminar de forma efectiva ciertos componentes del chorro de suministro de gas natural. Las instalaciones de GNL pueden utilizar una o más columnas de destilación para eliminar estos componentes del chorro de gas natural entrante. Con frecuencia, el sistema de eliminación de elementos pesados está configurado en una disposición de dos columnas que utiliza un desmetanizador de alta presión seguido por una columna inferior corriente abajo. Además, al menos una de las columnas usadas para separar los componentes más pesados del chorro de gas natural puede funcionar generalmente a la presión crítica de los componentes separados o a una presión similar a la misma. Estas limitaciones, además de las rígidas especificaciones de producto, dan como resultado una columna de destilación que está diseñada normalmente para funcionar dentro de un intervalo de condiciones relativamente estrecho. Cuando se producen situaciones que obligan a operar fuera del intervalo de diseño de las columnas, (p. ej., la puesta en marcha de la instalación o fluctuaciones en la composición de suministro), el funcionamiento resultante de la columna puede provocar pérdidas de producto y/o la obtención de un producto de GNL que no satisface las especificaciones de producto deseadas.

35 Las instalaciones de tratamiento de gas, tales como sistemas que procesan gases, líquidos y/o mezclas de dos fases criogénicas, que incluyen, aunque no de forma limitativa, gas natural líquido (GNL), utilizan intercambiadores de calor para condicionar diversos flujos de fluido. Uno o más chorros de fluido (que pueden incluir o no incluir diferentes tipos de fluidos) pasan a través de capas cada una con unas aletas que se extienden entre unas barras laterales. Unas capas de proceso adyacentes están separadas por una lámina separadora. Uno o más fluidos de proceso calientes pasan sobre las aletas para intercambiar simultáneamente calor con uno o más chorros de fluido de proceso fríos. El chorro o chorros de fluido intercambian calor para conseguir una temperatura deseada. En la actualidad, los intercambiadores de calor de aletas y placas se producen usando aluminio. El aluminio es un material relativamente ligero y posee unas propiedades de intercambio de calor deseables. No obstante, el aluminio tiene una resistencia mecánica y unas propiedades de resistencia a la fatiga muy deficientes. En los intercambiadores de calor de aletas y placas producidos usando aluminio, los componentes se unen normalmente mediante uniones y/o

conexiones soldadas.

EP 1008828 A1 describe intercambiadores de calor para separación de aire con aletas hechas de aluminio y, potencialmente, otros materiales que incluyen aleaciones de níquel para otros componentes del intercambiador.

5 EP 1154218 A1 describe intercambiadores de aletas y placas de aluminio con acero de cromo-níquel usado solamente en los conductos.

EP 1364740 A1 describe el uso de una aleación que incluye níquel y que puede contener hierro para usar en intercambiadores de aletas y placas que deben soportar calor y presión elevados.

10 Li, Q y col.: "Compact heat exchangers: A review and future applications for a new generation of high temperature solar receivers", Renewable and Sustained Energy Reviews vol. 15, 15 Sept. 2011, págs. 4855-4875, describe el uso de intercambiadores de aletas y placas en una planta de gas natural e indica que el aluminio soldado es la estructura estándar. Se mencionan las buenas propiedades mecánicas del aluminio a bajas temperaturas y el uso de otros metales, incluyendo aleaciones de níquel, en los casos en que existen diferentes requisitos de proceso.

WO 2007032981 A1 describe un sistema criogénico de una planta de GNL que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

15 **Invencción**

Según la invención definida en la reivindicación 1, un sistema de procesamiento de gas criogénico incluye un refrigerador, un separador de baja temperatura (LTS) que incluye una entrada conectada por fluidos al refrigerador, una primera salida y una segunda salida. Un tambor de expansión incluye una entrada conectada por fluidos al LTS y una pluralidad de salidas. Un intercambiador de calor está conectado por fluidos a la segunda salida del LTS y a la pluralidad de salidas del tambor de expansión. El intercambiador de calor incluye una primera barra lateral conformada a partir de una aleación de níquel-hierro y una segunda barra lateral conformada a partir de una aleación de níquel-hierro. La segunda barra lateral está separada de la primera barra lateral. Un elemento de aleta conformado a partir de una aleación de níquel-hierro se extiende entre la primera barra lateral y la segunda barra lateral formando una primera capa del intercambiador de calor. El elemento de aleta incluye un paso interior y está conformado a partir de una aleación de níquel-hierro. Una primera unión de aleación de níquel-hierro une el elemento de aleta y la primera barra lateral, y una segunda unión de aleación de níquel-hierro une el elemento de aleta y la segunda barra lateral. Una lámina separadora se extiende entre la primera barra lateral y la segunda barra lateral y está conectada a las mismas, estando conformada la lámina separadora a partir de una aleación de níquel-hierro, en donde la lámina separadora está unida a cada una de la primera y segunda barras laterales a través de una unión de aleación de níquel-hierro correspondiente.

Breve descripción de los dibujos

La invención, además de otras de sus ventajas, puede resultar más comprensible haciendo referencia a la siguiente descripción, en combinación con las figuras que se acompañan a título de ejemplo y no de forma limitativa, en las que:

35 la FIG. 1 es una vista general simplificada de una instalación de GNL de tipo cascada que no forma parte de la presente invención, aunque mostrada para facilitar la descripción de la invención;

la FIG. 2 es un diagrama esquemático de una instalación de GNL de tipo cascada que no forma parte de la presente invención, aunque mostrada para facilitar la descripción de la invención, con algunas partes de la instalación de GNL conectadas a unas líneas A, B, C, D, E y/o F mostradas en la FIG. 1;

40 la FIG. 3 es un diagrama esquemático que muestra una realización de una zona de eliminación de elementos pesados integrada en la instalación de GNL de la FIG. 1 a través de unas líneas A, B, C, D, E y/o F;

la FIG. 4 muestra un diagrama esquemático de una parte de la instalación de GNL de tipo cascada que incluye un intercambiador de calor de aletas y placas conformado a partir de un material de aleación de níquel-hierro según una realización ilustrativa de la invención;

45 la FIG. 5 es una vista en perspectiva parcialmente en sección del intercambiador de calor de aletas y placas conformado a partir del material de aleación de níquel-hierro de la FIG. 4;

la FIG. 6 representa una vista desmontada que muestra diversos componentes del intercambiador de calor de aletas y placas de la FIG. 5;

la FIG. 7 muestra una vista montada del intercambiador de calor de aletas y placas de la FIG. 6; y

50 la FIG. 8 muestra un intercambiador de calor de núcleo en carcasa híbrido según otro aspecto adicional de una realización ilustrativa.

Descripción detallada de la invención

- A continuación se hará referencia de forma detallada a plantas y procesos de GNL, mostrándose uno o más ejemplos de los mismos en los dibujos que se acompañan. En lo que respecta a la presente invención, cada ejemplo se muestra a título ilustrativo de la invención, y no como limitación de la invención. Resultará evidente para los expertos en la técnica que es posible realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, es posible usar las características mostradas o descritas como parte de una realización en otra realización para obtener otra realización adicional. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra tales modificaciones y variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.
- 5 Es posible implementar la presente invención en una instalación usada para enfriar gas natural hasta su temperatura de licuación a efectos de producir de este modo gas natural licuado (GNL). La instalación de GNL utiliza generalmente uno o más refrigerantes para extraer calor del gas natural y expulsarlo al entorno. Existen numerosas configuraciones de sistemas de GNL y la presente invención puede implementarse en numerosos tipos diferentes de sistemas de GNL.
- 15 En una realización, es posible implementar la presente invención en un sistema de GNL de refrigerante mixto. Ejemplos de procesos de refrigerante mixto pueden incluir, aunque no de forma limitativa, un sistema de refrigeración único que usa un refrigerante mixto, un sistema de refrigerante mixto enfriado previamente de propano y un sistema de refrigerante mixto doble.
- 20 En otra realización la presente invención se implementa en un sistema de GNL en cascada que utiliza un proceso de refrigeración de tipo cascada que usa uno o más refrigerantes de componente predominantemente puro. Los refrigerantes utilizados en procesos de refrigeración de tipo cascada pueden tener puntos de ebullición sucesivamente más bajos a efectos de facilitar la eliminación de calor del chorro de gas natural que es licuado. De forma adicional, los procesos de refrigeración de tipo cascada pueden incluir algún nivel de integración de calor. Por ejemplo, un proceso de refrigeración de tipo cascada puede enfriar uno o más refrigerantes con una volatilidad más alta a través de intercambio de calor indirecto con uno o más refrigerantes con una volatilidad más baja. Además de enfriar el chorro de gas natural a través de intercambio de calor indirecto con uno o más refrigerantes, los sistemas de GNL de cascada y refrigerante mixto pueden utilizar una o más etapas de enfriamiento por expansión para enfriar simultáneamente el GNL mientras se reduce su presión.
- 25 Haciendo referencia en este caso a la FIG. 1, se muestra una instalación de GNL de tipo cascada que no forma parte de una realización de la presente invención, aunque la invención podría incorporarse en una instalación de este tipo. La instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 comprende generalmente un ciclo 30 de refrigeración de propano, un ciclo 50 de refrigeración de etileno y un ciclo 70 de refrigeración de metano con una sección 80 de expansión. Las FIGS. 2 y 3 muestran realizaciones de zonas de eliminación de elementos pesados que pueden integrarse en la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1. Aunque "propano", "etileno" y "metano" se usan para hacer referencia a un primer, segundo y tercer refrigerantes, se entenderá que la realización mostrada en la FIG. 1 y descrita en la presente memoria es aplicable en cualquier combinación de refrigerantes adecuados. Los componentes principales del ciclo 30 de refrigeración de propano incluyen un compresor 31 de propano, un refrigerador/condensador 32 de propano, refrigeradores 33A y 33B de propano de etapa alta, un refrigerador 34 de propano de etapa intermedia y un refrigerador 35 de propano de etapa baja. Los principales componentes del ciclo 40 50 de refrigeración de etileno incluyen un compresor 51 de etileno, un refrigerador 52 de etileno, un refrigerador 53 de etileno de etapa alta, un refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja y un economizador 56 de etileno. Los componentes principales del ciclo 70 de refrigeración de metano incluyen un compresor 71 de metano, un refrigerador 72 de metano y un economizador 73 de metano. Los componentes principales de la sección 80 de expansión incluyen una válvula de expansión de metano de etapa alta y/o un expansor 81, un tambor 82 de expansión de metano de etapa alta, una válvula de expansión de metano de etapa intermedia y/o un expansor 83, un tambor 84 de expansión de metano de etapa intermedia, una válvula de expansión de metano de etapa baja y/o un expansor 85 y un tambor 86 de expansión de metano de etapa baja. Las FIGS. 2 y 3 muestran realizaciones de una zona de eliminación de elementos pesados que está integrada en la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 a través de las líneas A-F.
- 45 A continuación se describirá de forma más detallada el funcionamiento de la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1, empezando por el ciclo 30 de refrigeración de propano. El propano es comprimido en el compresor 31 de propano de etapas múltiples (p. ej., tres etapas) accionado, por ejemplo, por un dispositivo de accionamiento de turbina de gas (no mostrado). Las etapas de compresión pueden estar presentes en una única unidad o en dos o más unidades separadas conectadas mecánicamente a un único dispositivo de accionamiento. Con la compresión, el propano pasa a través de un conducto 300 al refrigerador 32 de propano, donde se enfría y licua a través de intercambio de calor indirecto con un fluido externo (p. ej., aire o agua). De este modo, el chorro procedente del refrigerador 32 de propano puede pasar a través del conducto 302 a unos medios de reducción de presión, mostrados como una válvula 36A de expansión, en donde la presión del propano licuado se reduce, evaporando o expandiendo de esta manera una parte del mismo. De este modo, el chorro de dos fases resultante pasa a través de un conducto 304a a un refrigerador 33a de propano de etapa alta. El refrigerador 33a de propano de etapa alta usa el refrigerante de propano expandido para enfriar el chorro de gas natural entrante en el conducto 110.
- 60

El chorro de gas natural enfriado procedente del refrigerador 33a de propano de etapa alta pasa a través del conducto 114 a un recipiente de separación (no mostrado), en donde el agua y, en algunos casos, el propano y los componentes más pesados, se eliminan, normalmente seguido por un sistema 40 de tratamiento, cuando todavía no se ha completado en el procesamiento corriente arriba, en donde la humedad, el mercurio y los compuestos de mercurio, partículas y otros contaminantes se eliminan para obtener un chorro tratado. El chorro sale del sistema 40 de tratamiento a través del conducto 116. A continuación, una parte del chorro en el conducto 116 puede ser conducida a través de un conducto A a una zona de eliminación de elementos pesados, mostrada en las FIGS. 2 o 3, que se describirá de forma detallada en breve. La parte restante del chorro en el conducto 116 se combina con un chorro que se describirá más adelante en un conducto G que sale de la zona de eliminación de elementos pesados mostrada. De este modo, el chorro combinado puede entrar en el refrigerador 34 de propano de etapa intermedia, en donde el chorro se enfría en unos medios 41 de intercambio de calor indirecto a través de intercambio de calor indirecto con un chorro de refrigerante de propano que se describirá más adelante. De este modo, el chorro enfriado resultante en el conducto 118 puede combinarse nuevamente con un chorro que se describirá más adelante en un conducto B que sale de la zona de eliminación de elementos pesados mostrada en las FIGS. 2 o 3, y el chorro combinado puede ser conducido a un refrigerador 35 de propano de etapa baja, en donde el chorro puede enfriarse adicionalmente a través de unos medios 42 de intercambio de calor indirecto. De este modo, el chorro enfriado resultante puede salir del refrigerador 35 de propano de etapa baja a través del conducto 120. A continuación, el chorro enfriado en el conducto 120 puede ser conducido a un refrigerador 53 de etileno de etapa alta, que se describirá de forma más detallada en breve.

El chorro de refrigerante de propano vaporizado combinado que sale de los refrigeradores 33A y 33B de propano de etapa alta vuelve al orificio de entrada de etapa alta (no indicado por separado) del compresor 31 de propano a través del conducto 306. El refrigerante de propano líquido en el refrigerador 33A de propano de etapa alta permite obtener una función de refrigeración del chorro de gas natural. El chorro de refrigerante de dos fases puede entrar en el refrigerador 34 de propano de etapa intermedia a través del conducto 310, obteniéndose de este modo refrigerante para el chorro de gas natural (en el conducto 116) y para chorros que se describirán más adelante que entran en el refrigerador 34 de propano de etapa intermedia a través de los conductos 204 y 310. La parte vaporizada del refrigerante de propano sale del refrigerador 34 de propano de etapa intermedia a través del conducto 312 y puede entrar de este modo en el orificio de entrada de etapa intermedia (no indicado por separado) del compresor 31 de propano. La parte licuada del refrigerante de propano sale del refrigerador 34 de propano de etapa intermedia a través del conducto 314 y pasa a través de unos medios de reducción de presión, mostrados en este caso como una válvula 44 de expansión, con lo cual la presión del refrigerante de propano licuado se reduce para expandir o vaporizar una parte del mismo. De este modo, el chorro de refrigerante de vapor-líquido resultante puede ser conducido a un refrigerador 35 de propano de etapa baja a través del conducto 316, donde el chorro de refrigerante puede enfriar el chorro rico en metano y un chorro de refrigerante de etileno que se describirá más adelante que entra en el refrigerador 35 de propano de etapa baja a través de los conductos 118 y 206, respectivamente. De este modo, el chorro de refrigerante de propano vaporizado sale del refrigerador 35 de propano de etapa baja y es conducido al orificio de entrada de etapa baja del compresor 31 de propano a través del conducto 318, en donde es comprimido y reciclado tal como se ha descrito anteriormente.

Tal como se muestra en la FIG. 1, un chorro de refrigerante de etileno en el conducto 202 entra en el refrigerador 33b de propano de etapa alta, en donde el chorro de etileno se enfría a través de unos medios 39 de intercambio de calor indirecto. De este modo, el chorro de etileno enfriado resultante puede ser conducido por el conducto 204 del refrigerador 33b de propano de etapa alta al refrigerador 34 de propano de etapa intermedia. Al entrar en el refrigerador 34 de propano de etapa intermedia, el chorro de refrigerante de etileno puede enfriarse adicionalmente a través de unos medios 45 de intercambio de calor indirecto en el refrigerador 34 de propano de etapa intermedia. De este modo, el chorro de etileno enfriado resultante puede salir del refrigerador 34 de propano de etapa intermedia y puede ser conducido a través del conducto 206 para entrar en el refrigerador 35 de propano de etapa baja. En el refrigerador 35 de propano de etapa baja, el chorro de refrigerante de etileno puede condensarse al menos parcialmente, o puede condensarse en su totalidad, a través de unos medios 46 de intercambio de calor indirecto. El chorro resultante sale del refrigerador 35 de propano de etapa baja a través del conducto 208 y, posteriormente, puede ser conducido a un recipiente 47 de separación, en donde una parte de vapor del chorro, en caso de estar presente, puede ser retirada a través del conducto 210, mientras que una parte de líquido del chorro de refrigerante de etileno puede salir del recipiente 47 de separación a través del conducto 212. La parte de líquido del chorro de refrigerante de etileno que sale del recipiente 47 de separación puede tener una temperatura y presión representativas de aproximadamente $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ (aproximadamente $-24\text{ }^{\circ}\text{F}$) y aproximadamente 1965 kPa (aproximadamente 285 psia).

Haciendo referencia en este caso al ciclo 50 de refrigeración de etileno en la FIG. 1, el chorro de refrigerante de etileno licuado en el conducto 212 puede entrar en el economizador 56 de etileno, en donde el chorro puede enfriarse adicionalmente mediante unos medios 57 de intercambio de calor indirecto. De este modo, el chorro de etileno líquido enfriado resultante en el conducto 214 puede ser conducido a través de unos medios de reducción de presión, mostrados en este caso como una válvula 58 de expansión, con lo cual la presión del chorro de etileno predominantemente líquido enfriado se reduce para expandir o vaporizar una parte del mismo. De este modo, el chorro enfriado de dos fases en el conducto 215 puede entrar en el refrigerador 53 de etileno de etapa alta. En el refrigerador 53 de etileno de etapa alta al menos una parte del chorro de etileno puede vaporizarse para enfriar

adicionalmente el chorro en el conducto 121 que entra en unos medios 59 de intercambio de calor indirecto. El refrigerante de etileno licuado vaporizado y restante sale del refrigerador 53 de etileno de etapa alta a través de unos conductos 216 y 220 respectivos. El refrigerante de etileno vaporizado en el conducto 216 puede entrar nuevamente en el economizador 56 de etileno, en donde el chorro puede calentarse a través de unos medios 60 de intercambio de calor indirecto antes de entrar en el orificio de entrada de etapa alta del compresor 51 de etileno a través del conducto 218, tal como se muestra en la FIG. 1.

A continuación, el chorro enfriado en el conducto 120 que sale del refrigerador 35 de propano de etapa baja puede dividirse en dos partes, tal como se muestra en la FIG. 1. Al menos una parte del chorro de gas natural puede ser conducida a través de un conducto E. La parte restante del chorro de gas natural enfriado en el conducto 121 puede ser conducida al refrigerador 53 de etileno de etapa alta y, de este modo, puede enfriarse en los medios 59 de intercambio de calor indirecto del refrigerador 53 de etileno de etapa alta.

El refrigerante de etileno licuado restante que sale del refrigerador 53 de etileno de etapa alta en el conducto 220 puede entrar nuevamente en el economizador 56 de etileno para un enfriamiento adicional mediante unos medios 61 de intercambio de calor indirecto en el economizador 56 de etileno. El chorro de refrigerante enfriado adicionalmente resultante sale del economizador 56 de etileno a través del conducto 222 y puede ser conducido posteriormente a unos medios de reducción de presión, mostrados en este caso como una válvula 62 de expansión, con lo cual la presión del chorro de refrigerante se reduce para vaporizar o expandir una parte del mismo. El chorro de dos fases enfriado resultante en el conducto 224 entra en el refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja.

Tal como se muestra en la FIG. 1, una parte del chorro de gas natural enfriado que sale del refrigerador 53 de etileno de etapa alta puede ser conducida a través de un conducto C a la zona de eliminación de elementos pesados de las FIGS. 2 o 3 a través del conducto C, mientras que otra parte del chorro de gas natural enfriado que sale del refrigerador 53 de etileno de etapa alta puede ser conducida a través del conducto 122 para entrar en unos medios 63 de intercambio de calor indirecto del refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja. De este modo, la parte restante del chorro de gas natural enfriado en el conducto 122 puede combinarse en el chorro de vapor de primera columna que sale de la zona de eliminación de elementos pesados (p. ej., el chorro de vapor de primera columna que sale de la primera columna 650 de destilación en las FIGS. 2 o 3 a través de la salida de sobrecalentamiento) en un conducto D y/o puede combinarse con un chorro que se describirá más adelante que sale del ciclo 70 de refrigeración de metano en un conducto 168 para que el chorro compuesto resultante entre posteriormente en los medios 63 de intercambio de calor indirecto en el refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja, tal como se muestra en la FIG. 1.

En el refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja el chorro enfriado (que puede comprender el chorro en el conducto 122 combinado opcionalmente con los chorros en los conductos D y 168) puede condensarse al menos parcialmente a través de intercambio de calor indirecto con el refrigerante de etileno que entra en el refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja a través del conducto 224. El refrigerante de etileno vaporizado sale del refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja a través del conducto 226 y puede entrar a continuación en el economizador 56 de etileno. En el economizador 56 de etileno, el chorro de refrigerante de etileno vaporizado puede calentarse a través de unos medios 64 de intercambio de calor indirecto antes de su suministro al orificio de entrada de etapa baja del compresor 51 de etileno a través del conducto 230. Tal como se muestra en la FIG. 1, un chorro de refrigerante de etileno comprimido sale del compresor 51 de etileno a través del conducto 236 y puede ser conducido a continuación al refrigerador 52 de etileno, en donde el chorro de etileno comprimido puede enfriarse a través de intercambio de calor indirecto con un fluido externo (p. ej., agua o aire). De este modo, el chorro de etileno enfriado resultante puede introducirse a través del conducto 202 en el refrigerador 33B de propano de etapa alta para un enfriamiento adicional tal como se ha descrito anteriormente.

El chorro de gas natural enfriado que sale del refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja en el conducto 124 también puede ser denominado "chorro que comprende GNL presurizado". Tal como se muestra en la FIG. 1, el chorro que comprende GNL presurizado sale del refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja a través del conducto 124 antes de entrar en el economizador 73 de metano principal. En el economizador 73 de metano principal, el chorro rico en metano en el conducto 124 puede enfriarse en unos medios 75 de intercambio de calor indirecto a través de intercambio de calor indirecto con uno o más chorros de refrigerante de metano que se describirán más adelante. El chorro que comprende GNL presurizado enfriado sale del economizador 73 de metano principal a través del conducto 134 y, de este modo, puede ser conducido a la sección 80 de expansión del ciclo 70 de refrigeración de metano. En la sección 80 de expansión el chorro que comprende GNL presurizado pasa en primer lugar a través de una válvula 81 de expansión de metano de etapa alta y/o un expansor, con lo cual la presión de este chorro se reduce para vaporizar o expandir una parte del mismo. De este modo, el chorro rico en metano de dos fases resultante en el conducto 136 puede entrar en el tambor 82 de expansión de metano de etapa alta, con lo cual las partes de vapor y líquido del chorro de presión reducida pueden separarse. La parte de vapor del chorro de presión reducida (que también se denomina gas de expansión de etapa alta) sale del tambor 82 de expansión de metano de etapa alta a través del conducto 138 para entrar a continuación en el economizador 73 de metano principal, en donde al menos una parte del gas de expansión de etapa alta puede calentarse a través de unos medios 76 de intercambio de calor indirecto del economizador 73 de metano principal. El chorro de vapor calentado resultante sale del economizador 73 de metano principal a través del conducto 138 y puede ser conducido a continuación al orificio de entrada de etapa alta del compresor 71 de metano, tal como se muestra en la FIG. 1.

La parte líquida del chorro de presión reducida sale del tambor 82 de expansión de metano de etapa alta a través del conducto 142 para entrar nuevamente en el economizador 73 de metano principal, en donde el chorro líquido puede enfriarse a través de unos medios 74 de intercambio de calor indirecto del economizador 73 de metano principal. El chorro enfriado resultante sale del economizador 73 de metano principal a través del conducto 144 y, de este modo, puede ser conducido a una segunda etapa de expansión, mostrada en este caso como una válvula 83 de expansión de etapa intermedia, aunque puede incluir un expansor. La válvula 83 de expansión de etapa intermedia reduce adicionalmente la presión del chorro de metano enfriado, lo que reduce la temperatura del chorro vaporizando o expandiendo una parte del mismo. De este modo, el chorro rico en metano de dos fases resultante en el conducto 146 puede entrar en el tambor 84 de expansión de metano de etapa intermedia, en donde las partes de líquido y vapor de este chorro pueden separarse y pueden salir del tambor 84 de expansión de etapa intermedia a través de unos conductos 148 y 150 respectivos. La parte de vapor (también denominada el gas de expansión de etapa intermedia) en el conducto 150 puede entrar nuevamente en el economizador 73 de metano, en donde la parte de vapor puede calentarse a través de unos medios 77 de intercambiador de calor indirecto del economizador 73 de metano principal. De este modo, el chorro calentado resultante puede ser conducido a través del conducto 154 al orificio de entrada de etapa intermedia del compresor 71 de metano, tal como se muestra en la FIG. 1.

De este modo, el chorro líquido que sale del tambor 84 de expansión de metano de etapa intermedia a través del conducto 148 puede pasar a través de una válvula 85 de expansión de etapa baja y/o un expansor, con lo cual la presión del chorro rico en metano licuado puede reducirse adicionalmente para vaporizar o expandir de esta manera una parte del mismo. De este modo, el chorro de dos fases enfriado resultante en el conducto 156 puede entrar en el tambor 86 de expansión de metano de etapa baja, en donde las fases de vapor y líquida pueden separarse. El chorro líquido que sale del tambor 86 de expansión de metano de etapa baja a través de un conducto 158 puede comprender el producto de gas natural licuado (GNL). El producto de GNL, que está aproximadamente a presión atmosférica, puede ser conducido a través del conducto 158 corriente abajo para su almacenamiento, transporte y/o uso posterior.

El chorro de vapor que sale del tambor de expansión de metano de etapa baja (también denominado el gas de expansión de metano de etapa baja) en el conducto 160 puede ser conducido al economizador 73 de metano, en donde el gas de expansión de metano de etapa baja puede calentarse a través de unos medios 78 de intercambio de calor indirecto del economizador 73 de metano principal. El chorro resultante puede salir del economizador 73 de metano a través del conducto 164, tras lo cual el chorro puede ser conducido al orificio de entrada de etapa baja del compresor 71 de metano.

El compresor 71 de metano puede comprender una o más etapas de compresión. En una realización, el compresor 71 de metano comprende tres etapas de compresión en un único módulo. En otra realización, uno o más de los módulos de compresión pueden estar separados, pero pueden estar conectados mecánicamente a un dispositivo de accionamiento común. De forma general, uno o más refrigeradores intermedios (no mostrados) pueden estar dispuestos entre etapas de compresión subsiguientes.

Tal como se muestra en la FIG. 1, el chorro de refrigerante de metano comprimido que sale del compresor 71 de metano puede descargarse en un conducto 166. Una parte del chorro de refrigerante de metano comprimido que sale del compresor 71 a través del conducto 166 puede ser conducida a través de un conducto F a las zonas de eliminación de elementos pesados en las FIGS. 2 y 3 a través del conducto F, mientras que otra parte del refrigerante de metano comprimido puede ser conducida al refrigerante 72 de metano, tras lo cual el chorro puede ser enfriado a través de intercambio de calor indirecto con un fluido externo (p. ej., aire o agua) en el refrigerador de metano 72. El chorro de refrigerante de metano enfriado resultante sale del refrigerador 72 de metano a través de un conducto 112, tras lo cual una parte del refrigerante de metano puede ser conducida a través de un conducto H a las zonas de eliminación de elementos pesados en la FIG. 2, mientras que la parte restante del chorro de refrigerante de metano puede ser dirigida al ciclo 30 de refrigeración de propano y enfriarse adicionalmente.

Al ser enfriado en el ciclo 30 de refrigeración de propano a través de unos medios 37 de intercambiador de calor, el chorro de refrigerante de metano puede ser descargado a un conducto 130 y conducido posteriormente al economizador 73 de metano principal, en donde el chorro puede ser enfriado adicionalmente a través de unos medios 79 de intercambio de calor indirecto. El chorro sub-enfriado resultante sale del economizador 73 de metano principal a través del conducto 168 y, de este modo, puede combinarse con el chorro en el conducto 122 que sale del refrigerador 53 de etileno de etapa alta y/o con el chorro en el conducto D que sale de la zona de eliminación de elementos pesados (p. ej., un primer chorro predominantemente de vapor procedente de la primera columna 650 de destilación en las FIGS. 2-3) antes de entrar en el refrigerador/condensador 55 de etileno de etapa baja, tal como se ha descrito anteriormente.

Haciendo referencia en este caso a la FIG. 2, se representa una realización de una zona de eliminación de elementos pesados adecuada para su integración en la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1. La zona de eliminación de elementos pesados mostrada en la FIG. 2 comprende generalmente: una primera columna 650 de destilación, un primer intercambiador de calor o recalentador 654, una válvula 644 y/o un expansor, un segundo intercambiador 750 de calor, una segunda columna 660 de destilación y un tercer intercambiador 652 de calor. Los chorros que salen de la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 y conducidos a la zona de eliminación de elementos pesados dependen de las condiciones de funcionamiento de la zona de retirada de elementos pesados,

es decir, la temperatura, presión, etc. De manera similar, al salir de la zona de eliminación de elementos pesados, diversos chorros se reintroducen en la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 en una etapa adecuada en el proceso para facilitar el diseño térmico y para no dañar el equipo. En una realización, los chorros que retornan a la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 se reintroducen a través de válvulas de secuenciación manuales o automatizadas para suministrar de este modo el fluido entrante a las etapas adecuadas dentro de las limitaciones del equipo.

En una realización como la mostrada en la FIG. 1, un chorro de gas natural enfriado que sale corriente abajo con respecto al refrigerador 53 de etileno de etapa alta a través del conducto C se combina con un chorro predominantemente de vapor que sale corriente abajo con respecto al refrigerador 35 de propano de etapa baja a través del conducto E en la FIG. 1 (una parte de un chorro de gas natural) y entra en las zonas de eliminación de elementos pesados mostradas en las FIGS. 2 y 3. En la FIG. 2, el chorro combinado en los conductos C y E entra en una válvula 644 de control y/o un expansor y se introduce posterior directamente en la primera columna 650 de destilación a través del conducto 601. La válvula de control ajusta la presión o el flujo. En una realización, un analizador (no mostrado) monitoriza y controla la temperatura de los chorros combinados D y E y ajusta los caudales de chorro relativos para ajustar de este modo la temperatura de la entrada de la primera columna de destilación según sea necesario a efectos de ayudar a controlar la separación deseada.

Haciendo referencia a la FIG. 2, la primera columna 650 de destilación separa los chorros entrantes para producir un chorro de vapor de primera columna, un chorro inferior de líquido de primera columna y un chorro de entrada de lado frío de recalentador. La primera columna de destilación contiene una chimenea o bandeja de retención (no mostrada), en donde los chorros con una composición más ligera son dirigidos a las regiones superiores de la columna de destilación, mientras que los chorros con una composición más pesada son conducidos a las partes más bajas de la columna de destilación. Un chorro de vapor de primera columna puede ser retirado de una salida de vapor superior de la primera columna de destilación y, a continuación, puede ser conducido a través del conducto D al proceso de licuación de la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1. El chorro inferior de líquido de primera columna puede ser retirado de una salida inferior de la primera columna 650 de destilación y puede ser conducido a continuación a través de un conducto 602 a un segundo intercambiador 750 de calor, descrito más adelante. El chorro de entrada de recalentador sale de la columna de destilación por la chimenea o bandeja de retención y es conducido a través de un conducto 604 al primer recalentador 654, descrito más adelante.

Haciendo referencia en este caso a la FIG. 2, al menos una parte del chorro de gas natural que se retira del conducto 116 en la FIG. 1 puede ser conducida a las zonas de eliminación de elementos pesados mostradas en la FIG. 2 a través del conducto A. En una realización, la al menos una parte del chorro de gas natural que se retira del conducto 116 en la FIG. 1 es un chorro de suministro de gas natural tratado. Tal como se muestra en la FIG. 2, el chorro en el conducto A puede entrar en la entrada de fluido caliente del primer recalentador 654 para formar un paso 680 de calentamiento y, de este modo, otorgar una funcionalidad de recalentador para la primera columna 650 de destilación. La parte de chorro de gas natural otorga una funcionalidad de calor a al menos una parte del chorro de entrada de lado frío de recalentador para, de este modo, producir en una parte enfriada y, en algunos casos, parcialmente condensada, del chorro de gas natural una primera fracción 608(a) líquida calentada y una primera fracción 608(b) de vapor calentada. La parte enfriada y/o parcialmente condensada del chorro de gas natural se retira de la salida de lado caliente del primer recalentador 654 y puede ser conducida posteriormente de nuevo al interior de la instalación de GNL a través del conducto B. En una realización, el flujo de gas natural tratado suministrado a la entrada de lado caliente puede ajustarse para controlar la temperatura en una ubicación óptima en la primera columna de destilación o tuberías de equipo periférico.

Tal como se muestra en la FIG. 1, una parte del chorro de gas natural que sale de un compresor de metano de etapa alta a través del conducto 166 puede ser retirada a través de los conductos H o F y puede ser conducida a las zonas de eliminación de elementos pesados mostradas en las FIGS. 2 o 3. En una realización, la parte del chorro de gas natural en los conductos H o F en la FIG. 1 es un chorro de descarga de compresor de metano. Tal como se muestra en la FIG. 2, la parte del chorro de gas natural en los conductos H o F puede entrar de este modo en la entrada de fluido caliente de un paso 582 de refrigeración del segundo intercambiador 750 de calor para otorgar de esta manera una funcionalidad de calor al segundo intercambiador 750 de calor. La parte del chorro de gas natural, además de una parte del chorro inferior de líquido de primera columna, pasan por un intercambio de calor indirecto a efectos de producir de este modo una parte enfriada del chorro de gas natural y un segundo chorro calentado. La parte enfriada resultante del chorro de gas natural que se retira de la salida de lado caliente del segundo intercambiador 750 de calor puede ser conducida posteriormente de nuevo a la instalación de GNL a través del conducto G. El segundo chorro calentado retirado del segundo intercambiador 750 de calor a través de un conducto 610 puede ser introducido en una entrada de suministro de la segunda columna 660 de destilación. En una realización, el segundo intercambiador 750 de calor se usa como un calentador de suministro estabilizador de GNL con el caudal de entrada de fluido de lado caliente a través del conducto H o F o el caudal de salida de fluido de lado caliente a través del conducto G controlados para producir una segunda temperatura de suministro de segunda columna de destilación óptima.

La segunda columna 660 de destilación separa los chorros entrantes. Un chorro de vapor superior de segunda columna (también denominado "segundo chorro superior") se retira a través de un conducto 622 de la segunda columna 660 de destilación. Una parte del chorro de vapor superior de segunda columna que sale de la segunda

columna 660 de destilación puede entrar en un paso 684 de refrigeración del tercer intercambiador 652 de calor, en donde el chorro puede ser enfriado y condensado al menos parcialmente usando aire, agua u otro refrigerante adecuado. De este modo, el chorro condensado o de dos fases resultante puede ser conducido a través de un conducto 624 a un acumulador 664 de reflujo, en donde el chorro puede ser separado en una fase de vapor y líquida.

Haciendo referencia en este caso a la FIG. 3, se representa otra realización de una zona de eliminación de elementos pesados adecuada para su integración en la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1. La zona de eliminación de elementos pesados representada en la FIG. 3 comprende generalmente: una primera columna 650 de destilación, un primer intercambiador de calor o recalentador 654, un separador 644 de suministro, un dispositivo 646 de expansión, un segundo intercambiador 750 de calor, una segunda columna 660 de destilación, un separador 653 de vapor líquido opcional y un tercer intercambiador 652 de calor. Los chorros que salen de la instalación de GNL representada en la FIG. 1 y conducidos a la zona de eliminación de elementos pesados dependen de las condiciones de funcionamiento de la zona de eliminación de elementos pesados, es decir, la temperatura, presión, etc. De manera similar, al salir de la zona de eliminación de elementos pesados, diversos chorros se reintroducen en la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 en una etapa adecuada en el proceso para no dañar el equipo. En una realización, los chorros que retornan a la instalación de GNL mostrada en la FIG. 1 se reintroducen a través de válvulas de secuenciación manuales o automatizadas para suministrar de este modo el fluido entrante a las etapas adecuadas dentro de las limitaciones del equipo.

En la FIG. 3, los chorros combinados de los conductos C y E pueden introducirse en un separador 644 de suministro, en donde las fases de vapor y líquida se separan, produciendo de este modo una fracción de vapor y una fracción líquida. La fracción de vapor se introduce en una válvula de expansión o expansor 646 y a continuación se introduce en la primera columna 650 de destilación a través de un conducto 601(b). La fracción de líquido se introduce en la misma ubicación o en una ubicación inferior de la columna 650 de destilación a través de un conducto 603. Utilizando el separador 644 de suministro los componentes relativamente más pesados contenidos en el chorro de líquido pueden ser conducidos a una ubicación de suministro más óptima a la primera columna 650 de destilación.

Haciendo referencia a la FIG. 3, la primera columna 650 de destilación separa los chorros entrantes para producir un chorro de vapor de primera columna y un chorro inferior de líquido de primera columna. El chorro de vapor de primera columna puede ser retirado de la primera columna 650 de destilación a través del conducto D y ser conducido a la instalación de GNL, tal como se muestra en la FIG. 1. El chorro inferior de líquido de primera columna puede ser retirado de una salida inferior de la primera columna 650 de destilación y ser conducido a través del conducto 602 a un segundo intercambiador 750 de calor, descrito más adelante.

Haciendo referencia a la FIG. 3, la primera columna 650 de destilación puede contener una chimenea o bandeja de retención (no mostrada), en donde los líquidos de columna se retiran y dirigen a través del tercer intercambiador 652 de calor para obtener una funcionalidad de condensación o condensación parcial antes de su conducción a un segundo separador 653 de vapor líquido opcional. El líquido procedente del segundo separador 653 de vapor líquido opcional puede ser conducido a través de un conducto 604(b) a la entrada de lado frío del primer recalentador 654. El vapor procedente del separador 653 de vapor líquido opcional puede combinarse con vapor procedente del primer recalentador 654 y retornar a la primera columna 650 de destilación encima o debajo de la chimenea o bandeja de retención. El líquido procedente del primer recalentador 654 puede retornar a la primera columna de destilación o combinarse con el chorro inferior de líquido de la primera columna 650.

Haciendo referencia en este caso a la FIG. 3, al menos una parte del chorro de gas natural retirada del conducto 116 en la FIG. 1 puede ser conducida a las zonas de eliminación de elementos pesados mostradas en la FIG. 3 a través del conducto A. Tal como se muestra en la FIG. 3, el chorro en el conducto A puede entrar en la entrada de lado caliente del primer recalentador 654 para otorgar una funcionalidad de calor de recalentador a la primera columna 650 de destilación. La salida de lado caliente del primer recalentador 654 sale a través del conducto B y retorna a la instalación de GNL, tal como se muestra en la FIG. 1.

Tal como se muestra en la FIG. 1, una parte del chorro de gas natural que sale de un compresor de metano de etapa alta a través del conducto 166 puede ser retirada a través de los conductos H o F y puede ser conducida a las zonas de eliminación de elementos pesados mostradas en las FIGS. 2 y 3. En una realización, la parte del chorro de gas natural en los conductos H o F en la FIG. 1 es un chorro de descarga de compresor de metano. Tal como se muestra en la FIG. 3, la parte del chorro de gas natural en los conductos H o F puede entrar en la entrada de lado caliente del segundo intercambiador 750 de calor para calentar el chorro de entrada de lado frío, que es el chorro inferior de líquido de primera columna en el conducto 602, a efectos de establecer de este modo el chorro de salida de lado frío en el conducto 610 del segundo intercambiador 750 de calor a la temperatura de suministro óptima o deseada para la segunda columna 660 de destilación. La salida de lado caliente del segundo intercambiador 750 de calor puede ser conducida nuevamente a la instalación de GNL a través del conducto G.

Haciendo referencia a la FIG. 3, la segunda columna 660 de destilación separa el chorro entrante en el conducto 610 en un chorro de vapor superior de segunda columna y un chorro inferior de líquido de segunda columna. El chorro de vapor superior de segunda columna (también denominado "segundo chorro superior") se retira a través del

conducto 622 de la segunda columna 660 de destilación. Una parte del chorro de vapor superior de segunda columna que sale de la segunda columna 660 de destilación puede entrar en el paso 684 de refrigeración del tercer intercambiador 652 de calor, en donde el chorro puede ser enfriado y condensado al menos parcialmente. De este modo, el chorro enfriado y condensado al menos parcialmente resultante puede ser conducido a través del conducto 624 a un primer acumulador 664 de reflujo, en donde el chorro puede ser separado en un chorro 630 de vapor y un chorro líquido 626.

Según un aspecto de una realización ilustrativa de la presente invención, la instalación de GNL puede incluir un sistema de procesamiento de gas criogénico, indicado generalmente como 702 en la FIG. 4. El sistema 702 de procesamiento de gas criogénico incluye una entrada 704 de gas de suministro que está conectada por fluidos a una entrada 705 de un intercambiador 706 de calor a través de una válvula 708. El intercambiador 706 de calor incluye una salida 710 que está conectada por fluidos a una entrada 713 de un refrigerador 717. El refrigerador 717 aumenta la temperatura de un gas de suministro que pasa desde el intercambiador 706 de calor e incluye una salida 719 que está conectada por fluidos a una entrada 724 de un separador 728 de baja temperatura (LTS). El LTS 728 incluye una primera salida 732 y una segunda salida 734. La primera salida 732 está conectada por fluidos a una entrada 736 de un tambor 737 de expansión a través de una válvula 739. El tambor 737 de expansión incluye una primera salida 742 y una segunda salida 744. La primera y segunda salidas 742 y 744 están conectadas por fluidos al segundo intercambiador 750 de calor a través de una pluralidad de conductos 753.

El segundo intercambiador 750 de calor incluye una primera sección 760 conectada por fluidos al refrigerador 717, una segunda sección 762 conectada por fluidos al tambor 737 de expansión y una tercera sección 764 conectada por fluidos al LTS 728. De forma más específica, la primera sección 760 incluye una entrada 767 conectada por fluidos a la entrada 704 de gas de suministro a través de una válvula (no indicada por separado) y una salida 768 conectada por fluidos a la entrada 713 del refrigerador 717. La segunda sección 762 incluye una primera entrada 770 y una segunda entrada 771 conectadas por fluidos al tambor 737 de expansión. La segunda sección 762 también incluye una primera salida 772 y una segunda salida 773 conectadas por fluidos a otro componente de proceso (no mostrado). La tercera sección 764 incluye una entrada 780 conectada por fluidos al LTS 728 a través de una bomba 782 y una salida 784 conectada por fluidos a otro componente de proceso (tampoco mostrado).

A continuación se hará referencia a la FIG. 5 para describir la segunda sección 762, entendiéndose que la primera sección 760 y la tercera sección 764 pueden incluir una estructura similar. La segunda sección 762 incluye una primera parte 787 de intercambio de calor y una segunda parte 788 de intercambio de calor. La primera parte 787 de intercambio de calor incluye una primera cámara 790 de entrada conectada por fluidos a la primera entrada 770 y la segunda parte 788 de intercambio de calor incluye una segunda cámara 791 de entrada conectada por fluidos a la segunda entrada 771. La primera parte 787 de intercambio de calor también incluye una primera cámara 794 de salida conectada por fluidos a la primera salida 772 y la segunda parte 788 de intercambio de calor incluye una segunda cámara 795 de salida conectada por fluidos a la segunda salida 773. La primera y segunda partes 787 y 788 de intercambio de calor pueden recibir fluidos y/o gases criogénicos a temperaturas similares o pueden recibir gases criogénicos a temperaturas diferentes. La segunda sección 762 también incluye una cámara 798 de entrada de flujo de acondicionamiento y una cámara 800 de salida de flujo de acondicionamiento. La cámara 798 de entrada de flujo de acondicionamiento incluye una entrada 804 de flujo de acondicionamiento, y la cámara 800 de salida de flujo de acondicionamiento incluye una salida 806 de flujo de acondicionamiento. La cámara 798 de entrada de flujo de acondicionamiento recibe un flujo de acondicionamiento que pasa sobre unas capas 812 que forman la segunda sección 762. El fluido de acondicionamiento intercambia calor con un gas criogénico que pasa a través de las capas 812.

Tal como puede observarse más claramente en las FIGS. 6 y 7, cada capa 812 incluye una primera barra lateral 820 y una segunda barra lateral 822. En la realización ilustrativa mostrada, la primera y segunda barras laterales 820 y 822 tienen forma de primer y segundo separadores 823 y 824. No obstante, se entenderá que la primera y segunda barras laterales 820 y 822 pueden tener otras formas, tales como cámaras de fluido, estructuras de soporte y similares. Un elemento 825 de aleta se extiende entre la primera y segunda barras laterales 820 y 822. El elemento 825 de aleta se extiende de un primer extremo 826 a un segundo extremo 828 a través de una parte intermedia 830. La parte intermedia 830 incluye un paso interior 834 y está conformada con un número de partes de curva (no indicadas por separado) que pueden incluir una amplia gama de diseños geométricos. La parte intermedia 830 forma un área superficial mejorada del elemento 825 de aleta para aumentar la transferencia de calor con el fluido de acondicionamiento.

Una primera lámina separadora 840 se extiende entre la primera y segunda barras laterales 820 y 822 en un primer lado (no indicado por separado) del elemento 825 de aleta para formar una primera capa 841. Una segunda lámina separadora 842, que forma parte de una segunda capa 843, se extiende entre la primera y segunda barras laterales 820 y 822 en un segundo lado opuesto del elemento 825 de aleta. La primera lámina separadora 840 se extiende de una primera sección extrema 845 a una segunda sección extrema 846. De forma similar, la segunda lámina separadora 842 se extiende de una primera sección extrema 848 a una segunda sección extrema 849. La primera y segunda barras laterales 820 y 822 y la primera y segunda láminas separadoras 840 y 842 definen un paso 854 de fluido de acondicionamiento a lo largo del que se extiende el elemento 825 de aleta. Tal como se describirá de forma más detallada a continuación, la primera y segunda barras laterales 820 y 822, las láminas separadoras 840 y 842 y el elemento 825 de aleta están unidos, conjuntamente con la segunda capa 843, así como capas adicionales 812,

para formar una segunda sección 762. Una vez unidas, la primera y segunda placas extremas 858 y 859 se fijan a un primer lado (no indicado por separado) de la segunda sección 762 y la tercera y cuarta placas extremas 862 y 863 se unen a un segundo lado (tampoco indicado por separado) de la segunda sección 762.

5 Según una realización ilustrativa, el segundo intercambiador 750 de calor está conformado a partir de una aleación de níquel-hierro. Según un aspecto de la realización ilustrativa, la aleación de níquel-hierro incluye un contenido de níquel entre aproximadamente el 32% y aproximadamente el 42%. Según otro aspecto de la realización ilustrativa, la aleación de níquel-hierro incluye un contenido de hierro entre aproximadamente el 34% y aproximadamente el 38%. Según otro aspecto adicional de la realización ilustrativa, la aleación de níquel-hierro incluye un contenido de hierro de aproximadamente el 36%, tal como Invar®. De forma más específica, la primera y segunda barras laterales 820 y 822, el elemento de aleta 825 y la primera lámina separadora 840 están conformados cada uno a partir de la aleación de níquel-hierro. Las placas extremas 858, 859, 862 y 863 también pueden estar conformadas a partir de la aleación de níquel-hierro.

15 También según una realización ilustrativa, la primera barra lateral 820 está unida al primer extremo 826 del elemento 825 de aleta a través de una primera unión 870 de aleación de níquel hierro y la segunda barra lateral 822 está unida al segundo extremo 828 del elemento 825 de aleta a través de una segunda unión 871 de aleación de níquel-hierro. Además, la primera sección extrema 845 de la primera lámina separadora 840 está unida a la primera barra lateral 820 a través de una tercera unión 874 de aleación de níquel-hierro, mientras que la segunda sección extrema 846 está unida a la segunda barra lateral 822 a través de una cuarta unión 875 de níquel-hierro. De forma similar, la primera sección extrema 848 de la segunda lámina separadora 842 está unida a la primera barra lateral 820 a través de una quinta unión 880 de aleación de níquel-hierro y la segunda sección extrema 849 está unida a la segunda barra lateral 822 a través de una sexta unión 881 de aleación de níquel-hierro. Además, el elemento 825 de aleta puede estar unido a la primera y segunda láminas separadoras 840 y 842 a través de una primera y segunda pluralidades de uniones de aleación de níquel-hierro, indicadas generalmente como 890 y 894. Cada unión 870, 871, 874, 875, 880, 881, 890 y 894 de aleación de níquel-hierro puede tener forma de uniones de difusión en donde los átomos de cada componente unido se comparten con los otros componentes unidos. Cada unión 870, 871, 874, 875, 880, 881, 890 y 894 de aleación de níquel-hierro también puede tener forma de unión formada a través de la aplicación de material de aleación de níquel-hierro adicional.

30 Se entenderá en este caso que las aleaciones de aluminio serie 5000 usadas habitualmente en intercambiadores de calor de aluminio soldado pueden ser dañadas al quedar expuestas a concentraciones de mercurio más altas que 0,01 microgramos por metro cúbico normal ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$). El uso de aleaciones de níquel-hierro permite que el intercambiador de calor reciba gases criogénicos con un contenido de mercurio superior a 0,01 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sin que exista el peligro de fallos debidos a fragilidad metal-líquido o amalgamación de mercurio que padecen los intercambiadores de calor hechos normalmente de aleaciones de aluminio serie 5000. Además, se entenderá que el uso de una aleación de níquel-hierro para conformar un intercambiador de calor permite obtener una unidad más robusta y más resistente a fatiga con un coeficiente de expansión térmica más bajo en comparación con lo obtenido usando aluminio. El coeficiente de expansión térmica más bajo aumenta en mayor medida las tolerancias de diseño para diferenciales de temperatura de chorros adyacentes, aumenta en gran medida las tolerancias de diseño para cambios de temperatura, eleva las limitaciones de temperatura máxima y diferencial de temperatura y permite obtener cargas más elevadas en boquillas y tuberías. Otras ventajas derivadas del uso de una aleación de níquel-hierro incluyen la eliminación o reducción del coste de uniones de transición caras. Además, el uso de una aleación de níquel-hierro permite obtener una reducción de los requisitos de longitud de las tuberías, una menor probabilidad de detenciones de la planta debidas a fugas, grietas y otros problemas asociados normalmente a los intercambiadores de calor de aluminio y tiempos de descongelación y de inicio más cortos.

45 Según otro aspecto de una realización ilustrativa, la instalación de producción de GNL puede incluir un intercambiador de calor de núcleo en carcasa híbrido, indicado generalmente como 1000 en la FIG. 8. El intercambiador 1000 de calor de núcleo en carcasa híbrido puede sustituir los refrigeradores 33B, 34 y 35 o puede utilizarse en otros sistemas de la instalación de producción de GNL, tal como resultará evidente más adelante. El intercambiador 1000 de calor de núcleo en carcasa híbrido incluye un recipiente 1004 que tiene una parte interior 1006 que está dotada de un refrigerante 1008. El refrigerante 1008 se introduce en el recipiente 1004 a través de una entrada 1010 de refrigerante y sale del recipiente 1004 a través de una salida 1012 de refrigerante. La forma específica del refrigerante utilizado en el recipiente 1004 puede variar.

55 También según una realización ilustrativa, el intercambiador 1000 de calor de núcleo en carcasa híbrido incluye un primer intercambiador 1020, un segundo intercambiador 1024 y un tercer intercambiador 1026. El primer intercambiador 1020 se muestra en forma de un intercambiador 1030 de haz de tubos con una entrada 1032 y una salida 1034. El segundo intercambiador 1024 puede tener forma de un intercambiador 1040 de calor de circuito impreso (PCHE) que tiene una entrada 1042 y una salida 1044. El tercer intercambiador 1026 puede tener forma de intercambiador 1050 de calor de aluminio soldado (BAHX) que tiene una entrada 1052 y una salida 1054. Los intercambiadores 1024 y 1026 incluyen unas secciones (no indicadas por separado) que se extienden sobre el refrigerante 1008 hasta 10,1 cm (4 pulgadas) o una distancia superior. Los intercambiadores 1020, 1024 y 1026 están aislados por fluidos entre sí y, sin embargo, están en una relación de intercambio de calor con el refrigerante 1008. Aunque se han descrito tres configuraciones de intercambiador distintas, se entenderá que el intercambiador 1000 de calor de núcleo en carcasa híbrido puede incluir intercambiadores con dos o más configuraciones de

intercambiador. Además, aunque se han mostrado tres intercambiadores incluidos, el número de intercambiadores puede variar.

5 El uso de diferentes configuraciones de intercambiador permite el paso de diferentes chorros con diferentes propiedades a través de un único recinto de refrigerante. Es decir, en la producción de GNL, los chorros pueden incluir diferentes parámetros, que incluyen temperatura, presión, contaminantes, tales como contenido de mercurio y similares, que pueden no ser compatibles en su totalidad con una única configuración de intercambiador. El uso de diversas configuraciones de intercambiador mejoraría la eficacia de transferencia térmica para chorros compatibles con configuraciones de intercambio de calor más eficaces, tales como PCHE y BAHX, permitiendo además el paso de chorros no compatibles, p. ej., chorros que contienen cantidades de mercurio que superan niveles deseables o a presiones y temperaturas menos compatibles con tecnología PCHE y BAHX, a través del mismo recipiente. De esta manera, el intercambiador de calor de núcleo en carcasa híbrido mejorará la eficacia general de la instalación y reducirá los costes de componentes, los costes de mantenimiento, los costes de instalación y los costes de espacio ocupado asociados al uso de múltiples intercambiadores de calor necesarios en la actualidad para funcionar con diversos chorros en una instalación de producción de GNL.

15 En una realización de la presente invención, los sistemas de producción de GNL pueden ser simulados en un ordenador usando software de simulación de proceso a efectos de generar datos de simulación de proceso en forma legible por personas. En una realización, los datos de simulación de proceso pueden tener forma de un listado de ordenador. En otra realización, los datos de simulación de proceso pueden ser visualizados en una pantalla, un monitor u otro dispositivo de visualización. De este modo, es posible usar los datos de simulación para manipular el funcionamiento del sistema de GNL y/o diseñar la configuración física de una instalación de GNL. En una 20 realización, es posible usar los resultados de simulación para diseñar una nueva instalación de GNL y/o reformar o ampliar una instalación existente. En otra realización, es posible usar los resultados de simulación para optimizar la instalación de GNL según uno o más parámetros funcionales. Ejemplos de software adecuado para producir los resultados de simulación incluyen HYSYS™ o Aspen Plus®, de Aspen Technology, Inc., y PRO/II®, de Simulation Sciences Inc. 25

Las formas preferidas de la invención descrita anteriormente se usarán únicamente a efectos ilustrativos, y no de forma limitativa para interpretar el alcance de la presente invención. Aunque la invención se ha descrito de forma detallada en lo que respecta únicamente a un número limitado de realizaciones, resultará evidente que la invención no se limita a dichas realizaciones descritas.

30 En consecuencia, la invención no se considerará limitada por la anterior descripción, sino solamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de procesamiento de gas criogénico de una planta de gas natural líquido, comprendiendo el sistema:
un refrigerador (717);
- 5 un separador (728) de baja temperatura (LTS) que incluye una entrada (724) conectada por fluidos al refrigerador (717), una primera salida (732) y una segunda salida (734);
- un tambor (736) de expansión que incluye una entrada conectada por fluidos al LTS (728) y una pluralidad de conductos; y
- un intercambiador (750) de calor conectado por fluidos a la segunda salida (734) del LTS (728) y la pluralidad de conductos del tambor (736) de expansión, caracterizado por que el intercambiador (750) de calor comprende:
- 10 una primera barra lateral (820) conformada a partir de una aleación de níquel-hierro;
- una segunda barra lateral (822) conformada a partir de una aleación de níquel-hierro, estando separada la segunda barra lateral (822) de la primera barra lateral (820);
- 15 un elemento (825) de aleta conformado a partir de una aleación de níquel-hierro que se extiende entre la primera barra lateral (820) y la segunda barra lateral (822) formando una primera capa del intercambiador de calor, incluyendo el elemento (825) de aleta un paso interior y estando conformado a partir de una aleación de níquel-hierro;
- una primera unión de aleación de níquel-hierro que une el elemento (825) de aleta y la primera barra lateral (820); y
- una segunda unión de aleación de níquel-hierro que une el elemento (825) de aleta y la segunda barra lateral (822);
- 20 una lámina separadora (840) que se extiende entre la primera barra lateral (820) y la segunda barra lateral (822) y conectada a las mismas, estando conformada la lámina separadora (840) a partir de una aleación de níquel-hierro, en donde la lámina separadora (840) está unida a cada una de la primera y segunda barras laterales a través de una unión de aleación de níquel-hierro correspondiente.
2. Sistema de procesamiento de gas criogénico según la reivindicación 1, en donde la unión de aleación de níquel-hierro comprende una unión por difusión.
- 25 3. Sistema de procesamiento de gas criogénico según la reivindicación 2, en donde cada una de la primera unión de aleación de níquel-hierro y segunda unión de aleación de níquel-hierro comprende una unión por difusión.
4. Sistema de procesamiento de gas criogénico según la reivindicación 1, en donde el intercambiador de calor incluye una primera parte (787) conectada a una segunda parte (788), incluyendo la primera parte una primera cámara (790) de entrada configurada y dispuesta para recibir un primer fluido criogénico e incluyendo la segunda
- 30 parte una segunda cámara (795) de entrada configurada y dispuesta para recibir un segundo fluido criogénico.

FIG. 1

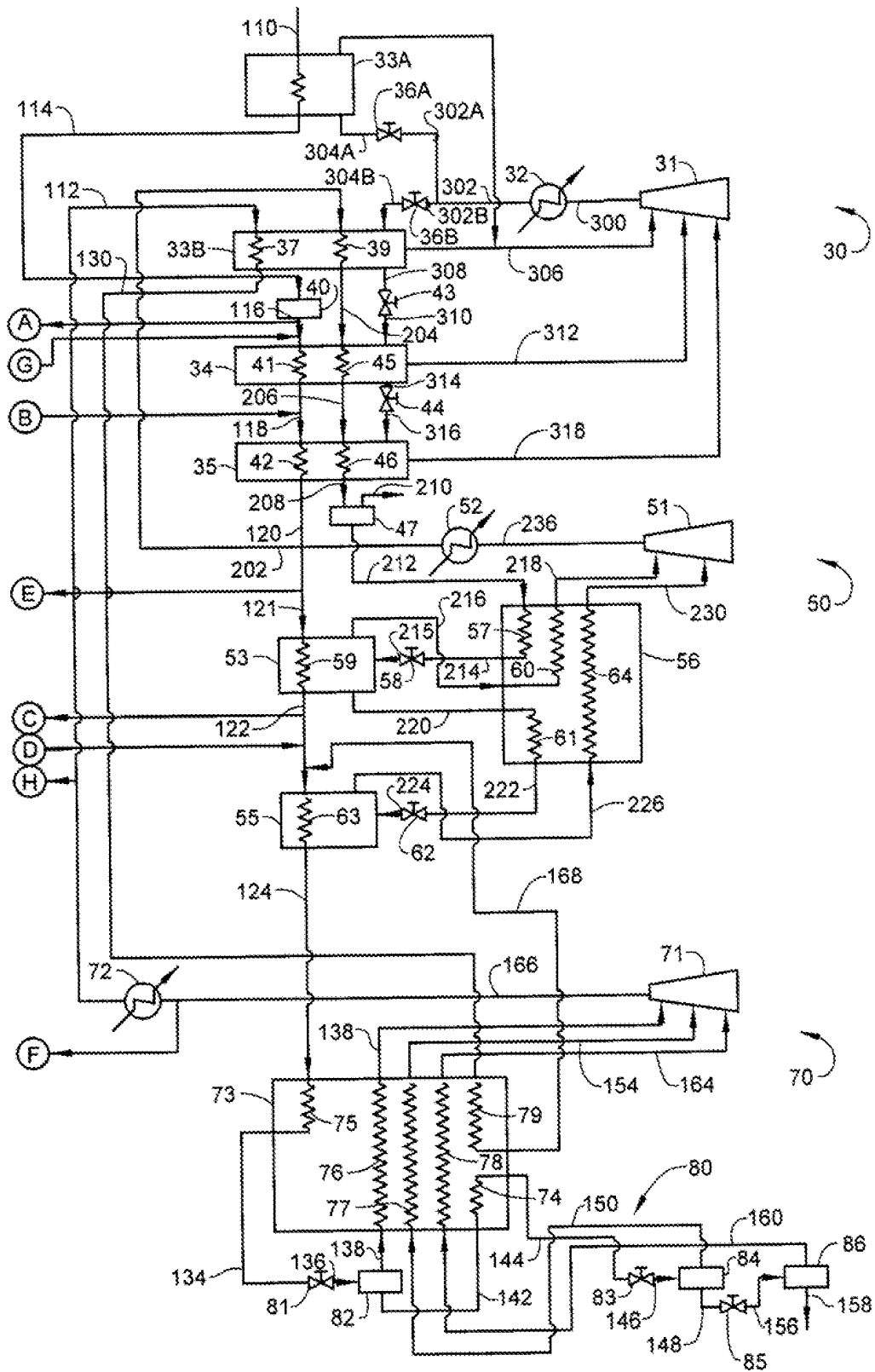


FIG. 4

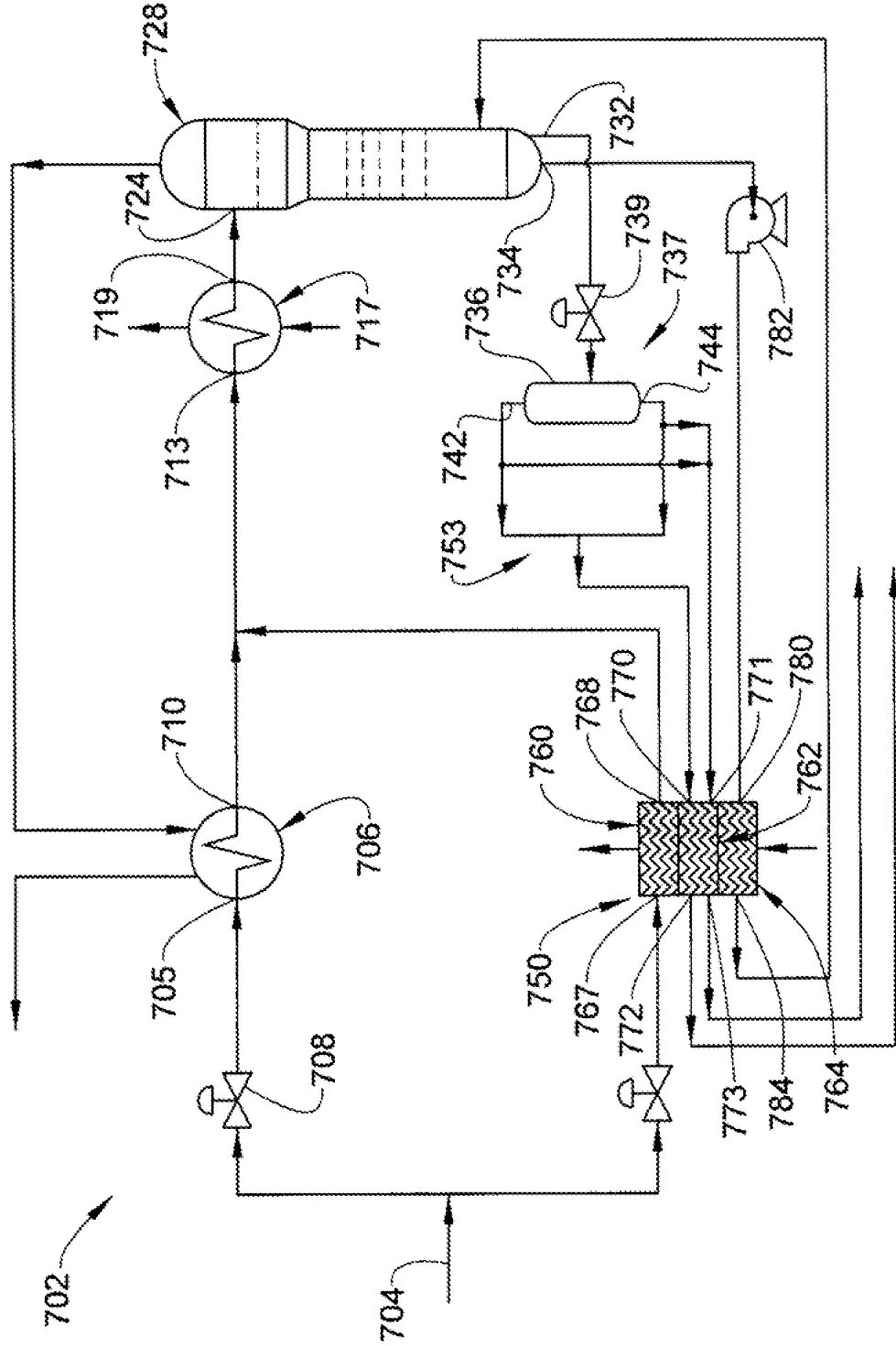


FIG. 5

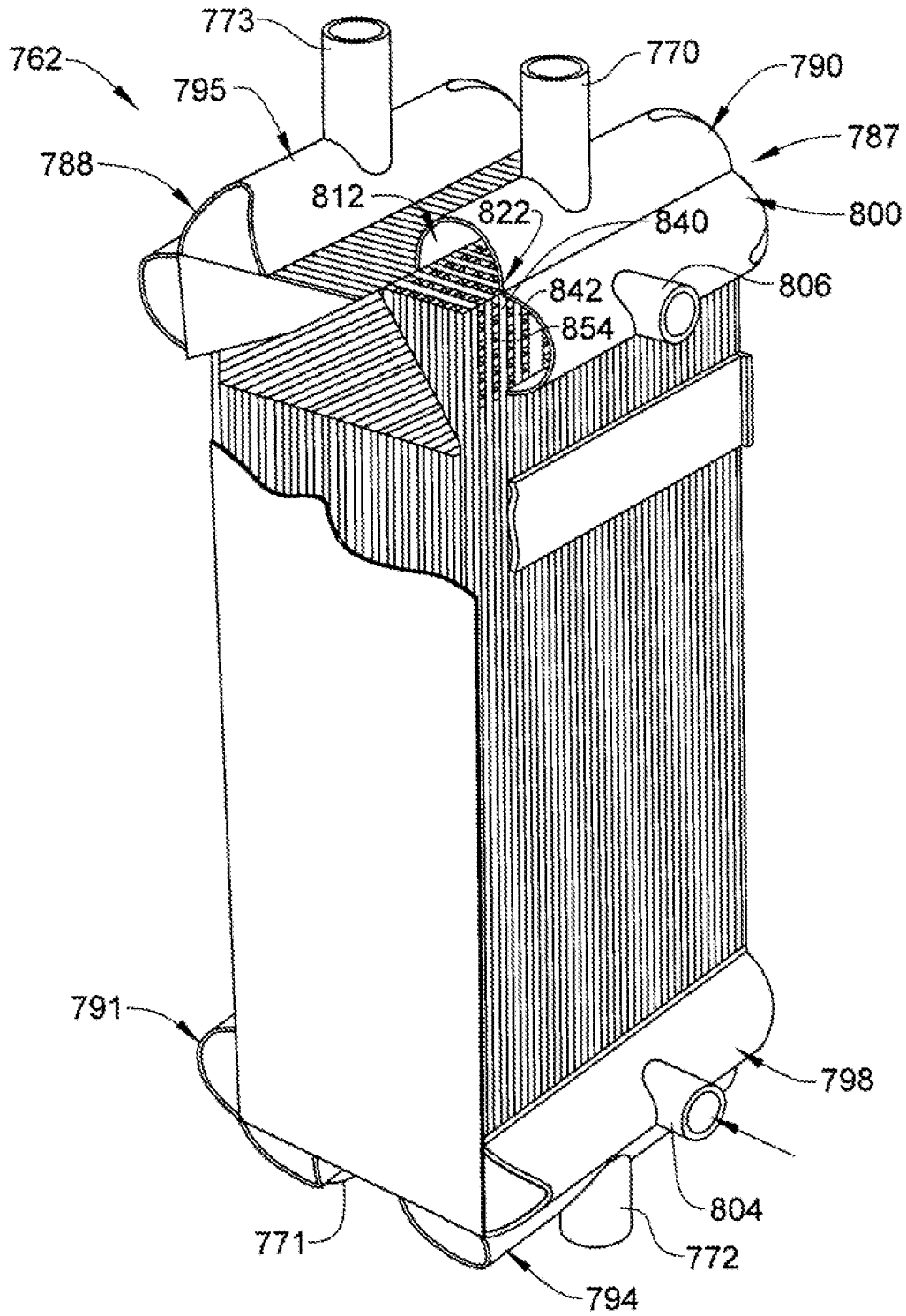


FIG. 6

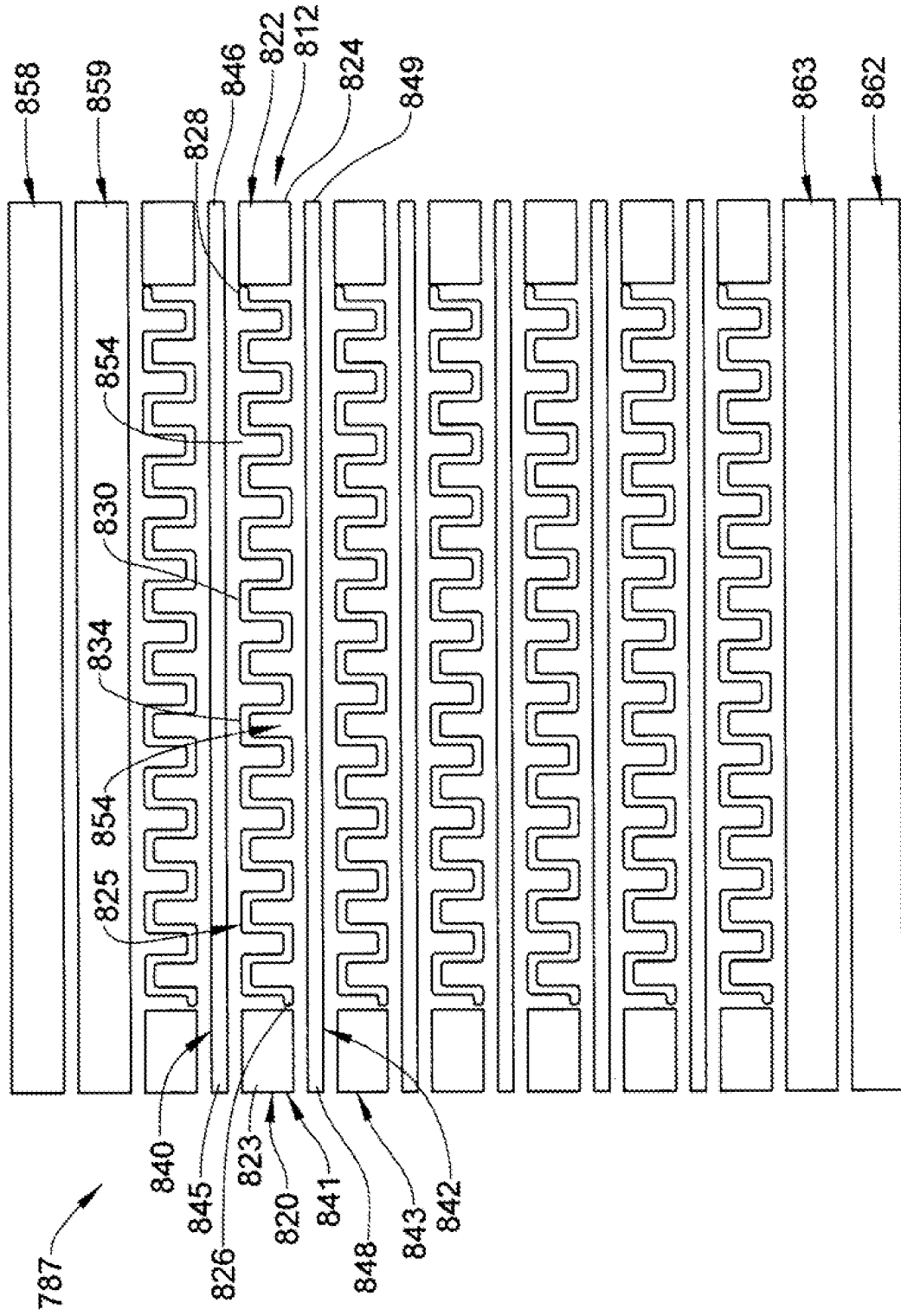


FIG. 7

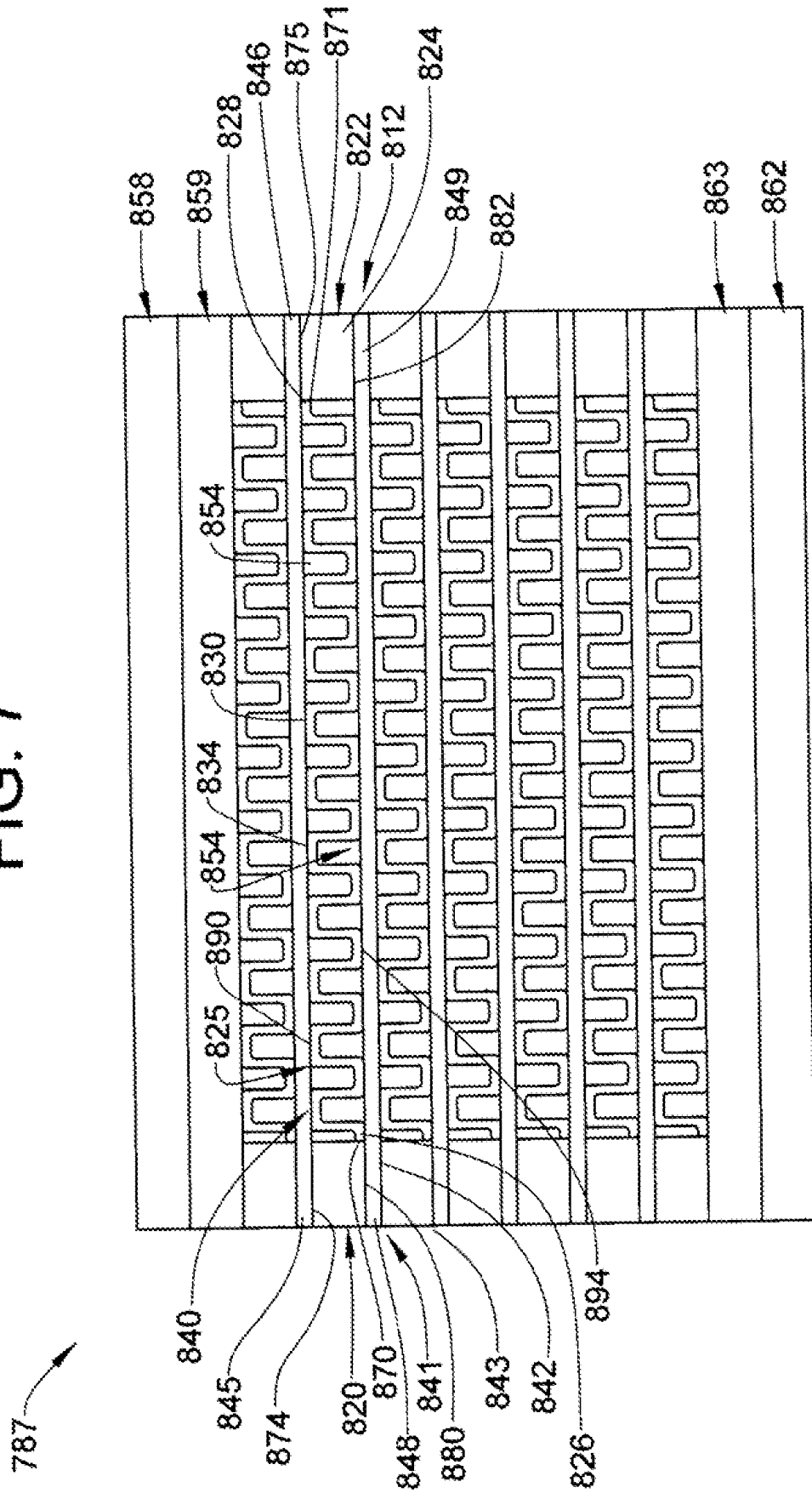


FIG. 8

