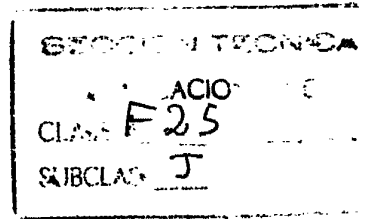


379283



70



P A T E N T E
D E
I N T R O D U C C I O N

por "PROCEDIMIENTO, CON SU INSTALACION REALIZADORA, PARA LA LIQUEFACCION DE GAS NATURAL", a favor de la firma estadounidense AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC., domiciliada en el "1339, Chestnut Street, Widener Building" - Philadelphia, Pennsylvania - Estados Unidos.

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

La invención concierne a la liquefacción de gas a bajo punto de ebullición y especialmente a un procedimiento, con su instalación realizadora, para licuar gas natural con una reducción notable en el costo de instalación de liquefacción, en comparación con las anteriores del tipo en cascada, en las cuales la corriente a tratar sufre un cambio de calor, con diferentes refrigerantes, que la hacen circular en circuitos cerrados independientes, así como perfeccionamientos en los refrigerantes del tipo de compuestos múltiples, es decir, a las mezclas de gas con puntos de ebullición diferentes.

379283



El tipo de instalaciones de refrigeración provistas de refrigerantes del tipo de compuestos múltiples son, en particular, ya conocidas.

- El arte anterior describe, por ejemplo, una instalación de refrigeración que permite obtener una fuente de refrigeración a baja temperatura, en la cual un refrigerante del tipo de compuestos múltiples sufre una condensación parcial a temperaturas decrecientes. El condensado a la temperatura más baja constituye la fuente de refrigeración y se puede hacer pasar sucesivamente los condensados, bajo presión reducida, en cambio de calor a contracorriente con el refrigerado, para efectuar las operaciones de condensación parciales. El arte anterior precisa que basta que el refrigerado esté constituido por una serie de compuestos a temperatura de condensación comprendidas entre límites determinados, tales como mezclas de hidrocarburos gaseosos que comprenden gas natural, gas refinado, gas de hulla y gas de agua, así como hidrocarburos clorados o fluorados. Un procedimiento, bien conocido, pone en practica las indicaciones dadas anteriormente en relación a la refrigeración del tipo de compuestos múltiples, en un ciclo de liquefacción de aire o de gas natural y que consiste en hacer pasar el gas de la carga de una manera continua en cambio de calor y an contracorriente con los condensados y sus vapores que provienen de un refrigerante de compuestos múltiples que pasa en un circuito cerrado. Se considera entonces que el rendimiento del procedimiento depende de la irreversibilidad del cambio de calor entre el refrigerante y el fluido a refrigerar y que se puede obtener de pequeñas diferencias de temperatura entre el refrigerante y el fluido durante toda la duración del cambio de calor, escogiendo para ello un refrigerante de compuestos múltiples. Este procedimiento describe un
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.

379283



refrigerante apropiado particularmente a este efecto y que consiste en una mezcla de hidrocarburos gaseosos compuesta de un 65% de metano, un 20% de propano y un 15% de butano, así como mezclas de metano y de propano y de mezclas de metano, etano y propano. Una solución, igualmente conocida, consiste en elegir el gas natural a título de refrigerante de compuestos múltiples, en un procedimiento de liquefacción de gas natural.

Aunque el procedimiento descrito anteriormente proporciona un mejor rendimiento, se ha comprobado que las ventajas eventuales de las instalaciones de refrigeración a compuestos múltiples no pueden ser obtenidas en lo que concierne al rendimiento global eligiendo los refrigerantes a compuestos múltiples de la composición anteriormente conocida.

En consecuencia, uno de los objetos de la invención consiste en una nueva composición de un refrigerante a compuestos múltiples que permite obtener, todas las ventajas eventuales del procedimiento de refrigeración a compuestos múltiples en lo que concierne al rendimiento global y el gasto de bloqueo de la instalación.

El fin anterior, así como otros fines que tratan especialmente sobre las ventajas estructurales y funcionales particulares, apareceran mejor en la descripción que sigue, considerada en referencia con los dibujos anexos que representan:

La fig. 1, un esquema de los circuitos esenciales de flujo que constituyen la instalación completa de liquefacción, y

la fig. 2, otro modo de realización de un circuito de liquefacción de gas natural en una instalación de refrigeración a compuestos múltiples.

Si nos referimos a la fig. 1, considerando primeramente la parte superior izquierda del dibujo, el gas natural de alimenta-

379283



ción se conduce a la instalación de liquefacción por un gaseoducto 10 bajo forma de una mezcla de dos fases que comporta una mayoría de fase gaseosa y mínima líquida.

5. Esta mezcla de alimentación está, inicialmente, separada en un separador 12, del cual se retira por la parte baja, la parte mínima bajo forma líquida que se lleva, bajo presión, en una bomba de líquido 14. La parte en mayoría es retirada, en fase gaseosa, a la parte superior de la cuba, comprimida en el compresor 16 y sometida a un cambio de calor con el agua de refrigeración en el cambiador 18.
10. Las dos partes de la alimentación se reúnen, entonces, y se expanden en una cuba de expansión 20 en la cual, una parte de la alimentación gaseosa inicial se licua y se mezcla con la parte de alimentación que estaba inicialmente en fase líquida.

15. El conjunto de la fase líquida que comprende la mayor parte de hidrocarburos pesados (es decir, superiores a C_6) es, entonces, trasvasada del bajo de la cuba de expansión y conducida por un conducto 22 a una instalación usual de fraccionamiento 23 cuyo funcionamiento general se describirá después, si bien que los detalles particulares de la instalación no forman parte de la invención.
20.

La fracción gaseosa de alimentación—que comprende la mayor parte del metano, del nitrógeno y de los hidrocarburos en C_2 a C_6 —se eleva hacia la parte alta de la cuba de expansión 20 y pasa
25. por uno o varios absorbedores usuales 24 que eliminan en 24a las impurezas tales como el hidrógeno sulfuroso y el anhídrido carbónico. La alimentación gaseosa está, ahora, ligeramente refrigerada por cambio de calor con el agua de refrigeración en el cambiador 26 y es enviada por el conducto 28 al serpentín cambiador de calor 30, que está situado por debajo del cambiador principal 32
30.

379283



5. y en el cual la corriente está suficientemente refrigerada para que el agua y la mayor parte de los hidrocarburos en C_6 y C_5 se condensen y se separen en la primera fase 34 de un separador de dos etapas 36. La mayor parte de la corriente está retirada en fase gaseosa por el conducto 38 y conducida a uno o varios secadores 40 en los cuales se elimina el agua restante.

10. Después del secado, la corriente principal pasa por el conducto 42 para llegar a los serpentines intermedios de intercambio de calor 41 en los cuales, la corriente, vuelve a enfriarse con el fin de formar una segunda fracción líquida que se separa en la segunda fase 46 del separador 36, fracción que contiene la mayor parte de hidrocarburos en C_5 y C_6 . La mayor parte de la corriente principal permanece en fase gaseosa y es conducida por los conductos 50 y 51 al serpentín de baja temperatura 52 del cambiador principal 32 en el cual la corriente de alimentación se licua totalmente. Para evitar que se produzcan seguidamente pérdidas de vapor mientras que el gas natural licuado se expande hasta la presión atmosférica se restablece su presión entre 42 y 44 kg/cm² haciéndole pasar por el expansor 54 antes de su paso a través del serpentín cambiador de calor 56 en el cual el gas natural licuado es sobreenfriado. Así, la presencia del expansor 54 permite disminuir la entalpia del gas licuado de manera que el líquido no se vaporice durante la expansión final a su paso por el expansor 58, después de lo cual el líquido es mantenido a la presión atmosférica en el depósito 59.

25. Por la descripción anterior, se ve que toda la refrigeración necesaria para licuar y sobreenfriar a la corriente de alimentación (excepto la pequeña tasa de refrigeración asegurada por el refrigerador de agua 18 y 16) está asegurada con el cambiador principal 32. Este cambiador es un conjunto compuesto de múltiples seg

30.



379283

mentos de envuelta cilíndrica 60, 62, 64 y 66 empalmados por múltiples segmentos troncocónicos de transición 68, 70 y 72. Además de los serpentines de corriente de alimentación mencionados anteriormente, el cambiador comprende múltiples serpentines de refrigerante 74, 76, 78 y 80, así como múltiples colectores de pulverización de refrigerante 82, 84, 86, 88 y 90.

Los serpentines de refrigerante y los colectores de pulverización citados antes, así como un separador de refrigerante a etapas múltiples y un compresor de refrigerante 94, forman todo el sistema de refrigeración que vamos a describir ahora en detalle, comenzando por la tubería de entrada del compresor 96 indicada en la esquina derecha e inferior del dibujo. La tubería 96 contiene un solo refrigerante gaseoso que es una mezcla de varios gases constituyentes y que llamaremos refrigerante compuesto. Por ejemplo, un refrigerante compuesto preferencial comprende 31 partes de metano, 35 partes de etano, 7 partes de propano, 14 partes de butano, 4 partes de pentano, 3 partes de hexano y 6 partes de nitrógeno. Este refrigerante compuesto se comprime en la etapa A del compresor 94 y refrigerado en el refrigerador de agua, entre etapas, 97 de manera que una porción sea condensada y seguidamente separada en el separador 98. El líquido condensado se retira por la parte baja del separador e inyectado directamente en la primera etapa 99 del separador de refrigerante compuesto 92.

La fracción gaseosa del refrigerante es retirada de la parte alta del separador 98, comprimida en la etapa B, refrigerada en el refrigerador de agua 100 y unida al líquido condensado ya mencionado, y conducida al separador 92 a una presión del orden de 36 kg/cm² y a una temperatura de 38°C.

En la primera etapa 99 del separador de refrigerante compuesto 92, la fracción líquida rica en hidrocarburos en C₂ y más pesa-



379283

5. da es separada y conducida por el conducto 101 y el expansor 102 al colector de pulverización 82 donde es pulverizada hacia abajo sobre las porciones inferiores del serpentín 52, así como sobre los serpentines 30, 44 y 74, de manera que el refrigerante líquido se vaporice refrigerando los fluidos contenidos en los serpentines.

10. Vamos a volver ahora al separador 92; la fracción gaseosa es llevada de la etapa 99 por el conducto 103, refrigerada en el serpentín 74 y reenviada a la segunda etapa 104 del separador en el cual una segunda fracción de refrigerante licuado se separa. Esta fracción líquida a una temperatura del orden de -8°C . es rica en hidrocarburos de C_1 a C_4 y es conducida por el conducto 106 y el expansor 107 al colector de pulverización 84 que está dispuesto por encima del serpentín 76 y en un punto intermedio del serpentín
15. 52. Así, esta segunda fracción líquida de refrigerante es pulverizada por los serpentines 52 y 76, de manera que el refrigerante se vaporiza refrigerando los fluidos contenidos en los mismos.

20. La fracción gaseosa de la etapa 104 es llevada por el conducto 108, refrigerada en el serpentín 76 y devuelta a la tercera etapa 110 del separador en el cual se separa una tercera fracción de refrigerante licuado. Esta fracción líquida, a una temperatura del orden de -58°C . es rica en hidrocarburos en C_1 y C_3 y conducida por el conducto 112 y el expansor 113 al colector de pulverización 86 que está dispuesto por encima del serpentín 76 y en un punto próximo de la porción superior del serpentín 52. Así, esta fracción
25. de refrigerante líquido es pulverizada sobre el serpentín 78 y la porción intermedia del serpentín 52 de manera que el refrigerante se vaporiza refrigerando los fluidos contenidos en estos serpentines.

30. La fracción gaseosa de la etapa 110 del separador es llevada

379283



- por el conducto 114, refrigerada en el serpentín 78 y reenviada a la cuarta etapa 116 del separador en el cual se separa una cuarta fracción líquida. Esta fracción líquida, a una temperatura del orden de -96°C . es rica en nitrógeno y en hidrocarburos en C_1 a C_2 ;
5. ella es conducida por el conducto 118 y el expansor 119 al colector de pulverización 88 que está dispuesto por encima de los serpentines 52 y 80. Así, la cuarta fracción líquida se vaporiza refrigerando la alimentación en el extremo superior del serpentín 52, así como la última fracción restante del refrigerante que es
10. conducido de la etapa 116 al serpentín 80 por el conducto 120.
- Esta última fracción del refrigerante, rica en nitrógeno y en metano, se licúa al pasar por el serpentín 80 de donde sale a una temperatura del orden de -132°C . reduciendo su presión por el paso a través del expansor 122 lo que hace que su temperatura des-
15. cienda a -162°C .. Seguidamente es conducida al colector de pulverización 90 que está dispuesto por encima del serpentín de sobrefrigeración 56 de manera que la última fracción de refrigerante se vaporice sobrefrigerando a la corriente de alimentación, en el serpentín 56 y a una temperatura del orden de -161°C ..
20. Por la descripción anterior se ve que cada una de las fracciones líquidas del refrigerante compuesto se vaporiza por intercambio de calor con la corriente de alimentación y con las fracciones de refrigerante a alta presión que tienen un nivel de temperatura determinada. Por ejemplo, los niveles de temperatura en las
25. cercanías de los colectores de pulverización 82, 84, 88 y 90 pueden ser del orden de los -23°C ., -62°C ., -99°C ., -144°C . y -162°C respectivamente. Al mismo tiempo, las temperaturas de las fracciones de refrigerante compuesto hacia abajo de los expansores 102, 107, 113, 119 y 122 son del orden de -3°C ., -54°C ., -97°C ., -140°C .
30. y -162°C ..

379283



Después de haber sido vaporizadas en el cambiador de calor 32, las diferentes fracciones de refrigerante compuesto, son de nuevo reunidas, trasegadas por el conducto 124 a una presión del orden de 2.9 kg/cm^2 y recicladas hacia el compresor 94 al mismo tiempo que una pequeña cantidad de refrigerante de complemento que es conducida por el conducto 126. Este refrigerante de complemento, así como la carga inicial de refrigerante, es extraída de la corriente de alimentación, a parte del nitrógeno que está proporcionado por una instalación de separación del aire 128 por intermedio de una válvula de reglaje 129.

Dicho de otra manera, las fracciones líquidas de las etapas 34 y 46 del separador de alimentación 36 son retiradas por los conductos 130 y 132, secas en el secador 134 y conducidas a la instalación de fraccionamiento 23, ya mencionada por un conducto 136. Esta instalación es usual en este sentido de comprender múltiples columnas de fraccionamiento que separan en sus constituyentes al gas natural conducido del conducto 136; así, se extraen cantidades predeterminadas de etano, propano, butano, pentano y hexano por las tuberías 138, 140, 142, 144 y 146 de manera determinada por las válvulas de regulación 148 mientras que se añade metano al conducto de complemento 126 por el conducto de empalme 150 y la válvula de regulación 152. Para mantener un poder calorífico deseado para el gas natural licuado, se retira de la instalación de fraccionamiento cantidades reguladas de hidrocarburos en C_1 a C_5 por el conducto 154 y se las añade a la corriente principal de tratamiento en el conducto 50.

La fig. 2 representa otro modo de realización de un circuito de refrigeración para licuar gas natural en una instalación de refrigeración.

El circuito de liquefacción del gas natural representado está

379283



- compuesto por un cambiador de calor 210 en posición vertical, cuyo extremo caliente 211 está hacia abajo y el extremo frío 212 hacia arriba. El cambiador de calor lleva una envuelta exterior 213, que delimita una zona de forma alargada 214 que contiene varios serpentines tubulares u otros dispositivos que forman canales de paso separados, en los cuales pasan corrientes de fluidos sin cambio de calor con el fluido pasante en la zona formada en la envuelta, de manera que se forme un canal de paso de cambio de calor 215 de forma alargada, una primera serie de canales de paso de cambio de calor 216, 217, 218 y 219 y una segunda serie de canales de paso de cambio de calor 220, 221, 222 y 223. El canal de paso 215 se prolonga sobre toda la longitud de la zona de envuelta 214 y se empalma a un conducto de admisión 224 del gas natural al extremo caliente 211 y a un conducto de escape del gas natural licuado 225 en el extremo frío 212. La serie de los canales de paso 216, 217, 218 y 219 y la de los canales de paso 220, 221, 222 y 223 están en posición vertical en la zona de envuelta y los grupos de dos canales 216 y 220, 217 y 221, 218 y 222, 219 y 223 están dispuestos entre los niveles de la misma temperatura, a lo largo de la zona de cambio de calor. El cambiador de calor lleva también varios distribuidores de líquido 226, 227, 228, 229 y 230 a los cuales se empalman los conductos de alimentación respectivos 231, 232, 233, 234 y 235 dispuestos en las posiciones espaciadas verticalmente en la zona de envuelta. Los distribuidores de líquido 226, 227, 228 y 229 están a la misma altura o un poco más alto que los grupos respectivos de dos canales 216 y 220, 217 y 221, 218 y 222, 219 y 223 y tienen por efecto repartir el líquido directamente en los grupos de dos canales y de hacerle llegar sobre la porción de canal de forma alargada 215, adyacente a los grupos respectivos de dos canales. El distribuidor de líquido 230 está dis-
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

379283



puesto en el extremo frio 212 y tiene el efecto de repartir el líquido en el extremo frio del canal 215.

El circuito lleva también un compresor 236, un posrefrigerador 237 y varios separadores de fase 238, 239, 240 y 241. La admisión del compresor se empalma por un conducto 242 a la zona de envuelta 214 al extremo caliente del cambiador de calor 210 y su orificio de reflujo por un conducto 243, un canal de paso de posrefrigeración en cambio de calor con un fluido de refrigeración, tal como agua, que pasa en la zona de envuelta 215, después por un conducto 246 en el separador de fase 238. Los separadores de fase 238, 239, 240 y 241 llevan conductos de escape de vapor respectivamente 247, 248, 249 y 250 y conductos de escape de líquido respectivamente 251, 252, 253 y 254; los conductos de escape de vapor se empalman respectivamente a los extremos calientes de los canales 216, 217, 218 y 219, mientras que los conductos de escape de líquido a los extremos calientes respectivos de los canales 220, 221, 222, y 223. Los separadores de fase 239, 240, 241 llevan también conductos de alimentación respectivos 255, 256 y 257 que se empalman a los extremos frios de los canales respectivos 216, 217 y 218 mientras que el extremo frio del canal 219 comunica por un conducto 258 y una válvula de reducción de presión 259 con el conducto de alimentación 235 de los distribuidores de líquido 230. Los distribuidores de líquido 226, 227, 228 y 229 comunican por sus conductos de alimentación con los extremos frios de los canales 220, 221, 222 y 223 y en particular el canal 20 comunica por un conducto 260 y una válvula de reducción de presión 261 con el conducto de alimentación 231, el canal 221 por el conducto 262 y una válvula de reducción de presión 263 con el conducto de alimentación 232, el canal 222 por el conducto 264 y una válvula de reducción de presión 265 con el conducto de alimentación 233 y el ca

379283



nal 223 por un conducto 266 y una válvula de reducción de presión 267 con el conducto de alimentación 234.

- El gas natural a licuar, anteriormente purificado y desembarazado de humedad, lleva en el circuito bajo presión a la temperatura ambiente, por el conducto 224 y pasando en el canal 215, se refrigera progresivamente a la temperatura de liquefacción, y sale del circuito por el conducto 225 enteramente en fase líquida, y de preferencia a temperatura todavía más baja, para sufrir ulteriormente una reducción de presión necesaria en vista del almacenaje o con otro fin de uso. Si se desea, se puede hacer disminuir la presión de carga de gas natural antes que salga del canal 215 a una presión intermedia, superior a la presión atmosférica, y hacerle pasar bajo esta presión en la porción del extremo frío del canal 215 situada por encima del distribuidor de líquido 229. Si el gas natural contiene elementos de punto de ebullición elevado, indeseables en el producto líquido, se puede hacer salir la carga de gas natural, después de haberla hecho sufrir una refrigeración inicial que provoque la liquefacción de los elementos indeseables de punto de ebullición elevado, del canal 215 por un conducto 268 y hacerla llegar a un separador de fase 269 en el cual estos elementos licuados se separan y salen por un conducto 270, mientras el complemento de gas natural no licuado vuelve, por un conducto 271, al canal 215, para continuar y hacerle pasar por el cambiador de calor 210. Si se desea, se puede hacer salir el gas natural del canal 215 a temperaturas diferentes, para separar de él, en varias veces, los elementos indeseables de puntos de ebullición elevados.

La refrigeración por el procedimiento de invención se obtiene en un circuito cerrado, por medio de un refrigerante de compuestos múltiple, es decir, que consiste en una mezcla de gases elementales con puntos de ebullición diferentes. Se fracciona sucesivamen-

379283



te el refrigerante de compuestos múltiples por condensación parcial en varias etapas para obtener líquidos a temperaturas progresivamente decrecientes y se hace llegar a estos líquidos y bajo presión reducida en la zona del cambio de calor 210 a las temperaturas correspondientes para realizar la refrigeración necesaria para licuar y bajorefrigerar la carga de gas natural, así como para efectuar las condensaciones fraccionadas del refrigerante de compuestos múltiples. Este refrigerante llega en el compresor 236 en donde se comprime a una presión superior a la presión atmosférica, y la primera operación de condensación fraccionada se efectúa por cambio de calor en el postrefrigerador 237 a la temperatura más elevada, mientras que la mezcla de líquido y de vapor así obtenido se separa en el separador de fases 238 para formar un primer condensado 272. La segunda operación de condensación fraccionada puede efectuarse haciendo pasar el refrigerante no licuado del separador de fases 238 en el canal 216 para condensarle en parte, separándole seguidamente en el separador de fases 239 para formar el segundo condensado 273. Se efectúa las tercera y cuarta operaciones de condensación fraccionada de la misma manera, haciendo pasar el refrigerante no licuado que sale de los separadores de fases 239 y 240, en los canales respectivos 217 y 218 para efectuar la liquefacción parcial y formar por las partes licuadas separadas respectivamente en los separadores de fases 240 y 241, un tercer condensado 274 y un cuarto condensado 275. El refrigerante no licuado que sale del separador de fase 241 por el conducto 250 se refrigera al pasar en el canal 219 para condensarse, al menos en parte, y, en ciertas operaciones, el fluido que sale del canal 219 por el conducto 258 puede estar enteramente en fase líquida. En todos los casos, el líquido del conducto 258 consiste en un quinto condensado. La composición de los elementos de este último

379283



- y de los condensados 272, 273, 274 y 275 es diferente a la de los elementos que constituyen la carga del refrigerante de compuestos múltiples que llega al compresor 236; el primero 272, que contiene una fuerte proporción de elementos de punto de ebullición elevados, el último de los conductos 258, una fuerte proporción de elementos de bajo punto de ebullición, mientras que en los condensados intermedios, 273, 274 y 275, la proporción de elementos de bajo punto de ebullición aumenta y la de los elementos de punto de ebullición elevada disminuye, en el orden precitado. Los condensados se forman bajo presión constante, a pesar de la pérdida de carga que resulta del frotamiento en los conductos, pero la composición exacta de cada uno de los condensados depende de la composición de la carga de componentes múltiples que llega a la entrada del compresor 236 y de la temperatura de mezcla de líquido y vapor que salen de los canales 216, 217, 218 y 219. Pero en todos los casos la temperatura de formación de burbujas de los condensados 272, 273, 274 y 275 y del condensado del conducto 258 disminuye progresivamente en el orden precitado que es el del aumento progresivo de la proporción de elementos de bajo punto de ebullición del refrigerante de compuestos múltiples. Así mismo, según la naturaleza y el porcentaje de los elementos de la carga del refrigerante de compuestos múltiples que llegan al compresor 236, la composición de los condensados varía en función, no solamente del porcentaje de los compuestos, sino además de la naturaleza de estos compuestos. Por ejemplo, el condensado del conducto 258 cuya temperatura de formación de burbujas es la más baja, contiene un fuerte porcentaje de elementos de bajo punto de ebullición y no contiene elementos de punto de ebullición más elevados. Se debe tener en cuenta que el número de operaciones de condensación fraccionada, y, por consiguiente, el número de los condensados
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

379283



- dos del refrigerante de compuestos múltiples es variable. A título de ejemplo, se puede modificar el circuito representado para incorporar, en él, tres separadores de fases, tales como los separadores 238, 239 y 241, suprimiendo los canales 218 y 222 y
5. prolongando los canales 216, 217, 219, 220, 221 y 223, según las necesidades, para formar los canales de cambio de calor que se prolongan poco más o menos en toda la longitud de la zona, entre el extremo frío del canal 219 y el extremo caliente del canal 216.
- Las válvulas 261, 263, 265, 267, y 259 hacen disminuir la presión de los condensados al valor existente en la zona de envuelta 214, en las regiones de los distribuidores respectivos de líquido 226, 227, 228, 229 y 230. Estas presiones corresponden, a las variaciones debidas al gradiente de presión en el cambiador de calor 210, a la presión en la entrada del compresor 236, que,
10. preferentemente, es superior a la presión atmosférica. Antes que los condensados 272, 273, 274 y 275 sufran una disminución de presión, sufren una sub-refrigeración pasando en los canales respectivos 220, 221, 222 y 223. Pero la operación de la subrefrigeración puede ser suprimida en ciertos circuitos. Los condensados bajo presión reducida llegan por los conductos 231, 232, 233, 234 y
15. 235 a los distribuidores de líquido respectivos 226, 227, 228, 229 y 230, dispuestos, cada uno, en la zona de envuelta 214, cuya temperatura correspondensensiblemente a la de los condensados respectivos bajo presión reducida. El condensado del distribuidor 230 se
20. vaporiza, por cambio de calor, con el fluido relativamente caliente que pasa en la porción superior, según la fig., del canal 215 y los condensados de los distribuidores 226, 227, 228 y 229 se vaporizan por cambio de calor con el fluido relativamente caliente del canal 215 y por cambio de calor con los fluidos relativamente
25. calientes que pasan en los grupos de dos canales 216 y 220, 217
- 30.

379283



- y 221, 218 y 222, 219 y 223 respectivamente. Los condensados, que son mezclas de elementos de puntos de ebullición diferentes, se vaporizan en un intervalo de temperaturas crecientes, y el vapor de cada uno de estos condensados pasa en la zona de envuelta 214
5. en una dirección entre el extremo frío 212 y el extremo caliente 211, saliendo del cambiador de calor 210 por el conducto de alimentación 242 del compresor. Se ve pues que el refrigerante en fases líquida y de vapor pasa en la zona de vapor 214 a contracorriente en cambio de calor con la carga de gas natural del canal 215
10. y con las porciones de refrigerante en los canales 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222 y 223 para provocar la refrigeración, la liquefacción y la sub-refrigeración de la carga de gas natural y efectuar las diversas operaciones de condensación fraccionada para obtener los condensados y sub-refrigerarlos.
15. El rendimiento del circuito de refrigeración de compuestos múltiples descrito anteriormente, depende de un gran número de parámetros en relaciones complejas entre sí, y en los que algunos dependen directamente, mientras que otros dependen indirectamente de la composición del refrigerante que llega a la entrada de
20. aspiración del compresor 236 por el conducto 242. Este refrigerante y el refrigerante de compuesto múltiples del procedimiento y esta expresión de "refrigerantes de compuestos múltiples" designa la composición de la mezcla de gas existente, mientras que sufre una compresión entre la presión de vaporización relativamente pequeña y la presión de condensación relativamente grande. Es necesario, para enfriar el gas natural licuado a la temperatura de
25. sub-refrigeración, que la temperatura del condensado que sale por el distribuidor de líquido 230 sea suficientemente baja. Por consiguiente, el refrigerante de compuestos múltiples debe contener
30. un elemento cuyo punto de ebullición sea inferior a la temperatu-

379283



- ra de sub-refrigeración de la mezcla de la carga y, además, la proporción de este elemento en el refrigerante debe estar escogida de manera que el condensado que sale del distribuidor de líquido 228, después de las operaciones de condensación fraccionada
5. precedentes, tenga una composición que le permitan alcanzar la baja temperatura necesaria. Asimismo, la composición de los condensados 272, 273, 274, 275 depende de la del refrigerante de compuestos múltiples, de la presión de compresión del compresor 236 y de la temperatura a la cual se efectúe la condensación fraccionada;
10. las temperaturas de estas últimas operaciones dependen igualmente de la composición del refrigerante de compuestos múltiples, así como de la presión de admisión del compresor 236, es decir, de la presión de vaporización de los condensados, y de un factor que depende del grado de refrigeración sufrida por la corriente
15. de carga. Además, en lo que concierne al rendimiento de la compresión, puede ser ventajosamente apropiado regular la presión de admisión y la compresión del compresor 236 en valores superiores a la presión atmosférica. Además, el rendimiento global de la operación depende del rendimiento de cambio de calor entre la carga
20. de gas natural que pasa en el canal 215 y el refrigerante de compuestos múltiples que pasa en la zona de envuelta a contracorriente, en cambio de calor con ella. Es necesario, para obtener un rendimiento de cambio de calor tan satisfactorio como sea posible, establecer y mantener entre la carga de gas natural y el refrigerante
25. de compuestos múltiples, una diferencia de temperatura específica proporcional al valor de la temperatura absoluta. La diferencia de temperatura entre los fluidos que pasan a contracorriente en el canal 215 y la zona de envuelta 214, depende de varios factores, tales como la composición del refrigerante, es decir,
30. la naturaleza de sus componentes y su porcentaje.

379283



- Por la descripción de la instalación de liquefacción, se ve que es posible realizar economías notables en los desembolsos iniciales ya que la utilización de un solo refrigerante no precisa más que un solo compresor, en lugar de refrigerantes separados
5. en cascada en donde cada uno precisa un compresor separado. Además, la utilización de más de tres hidrocarburos y del nitrógeno disminuye notablemente la potencia de compresión, lo cual permite armonizar mejor las curvas de refrigeración en cada nivel de temperatura en el cambiador. Además, se obtienen ventajas funcionales
10. y económicas notables utilizando un cambiador de una sola pieza a niveles múltiples de temperatura en lugar de varios cambiadores individuales que funcionan sobre intervalos individuales de temperatura que impide armonizar tan exactamente con la curva óptima de refrigeración de la corriente de alimentación.
15. Se obtiene así ventajas notables en cuanto al precio de coste y a la facilidad de fabricación utilizando más de tres hidrocarburos como refrigerante compuesto en un cambiador combinado, en relación con la mayor parte, sinó la totalidad, de los colectores de pulverización que pueden estar materialmente colocados
20. entre los serpentines adyacentes al refrigerante compuesto en lugar de estar colocados entre la entrada y las salidas de los serpentines.
25. En fin, la utilización del expansor 51 (fig. 1) disminuye las pérdidas indeseables por vaporización del producto licuado, mientras que la utilización del separador de fases entre etapas 98, (fig. 1) disminuye la potencia necesaria para el funcionamiento.
30. Se ha hecho constar que una operación de liquefacción de gas natural por un refrigerante a compuestos múltiples, tal como se ha descrito anteriormente, puede estar efectuada con un rendimiento tan satisfactorio como sea posible, eligiendo un refrigerante

379 283



970

de compuestos múltiples cuya naturaleza y porcentaje cumplen las condiciones más ventajosas de los parámetros de la operación, tales como en cambio de calor óptimo entre la carga de gas natural y el refrigerante a compuestos múltiples. Conforme al principio

- 5. de la invención, un nuevo refrigerante de compuestos múltiples que permita llegar al resultado precitado es una mezcla de compuestos gaseosos de punto de ebullición diferente, tales como el nitrógeno, el metano y los hidrocarburos, que contengan, al menos, 2 átomos de carbono; el compuesto cuyo punto de ebullición sea
- 10. el tercero en el orden decreciente es aquel cuyo porcentaje es el mayor en la mezcla; el compuesto cuyo punto de ebullición sea el segundo en el orden decreciente es aquel cuyo porcentaje es el segundo en el orden creciente en la mezcla.

Las características generales ya citadas y otras características especiales de los refrigerantes de compuestos múltiples según la invención, son adoptadas en la forma de construcción efectiva de las instalaciones de refrigeración que sirven para licuar gas natural de diversas composiciones, así como el resultado de los ejemplos siguientes:

- 15.
- 20. EJEMPLO 1.- Operación de refrigeración de compuestos múltiples del tipo anteriormente descrito y que sirve para licuar un gas natural cuya composición es la siguiente;

	<u>Elemento</u>	<u>Procentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	1,12
25.	Metano	70,02
	C ₂	15,23
	C ₃	8,06
	C ₄	3,80
	C ₅	1,28
30.	C ₆	0,49

379283



Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua a la instalación, a una temperatura de alrededor de 38°C. y bajo una presión absoluta de alrededor de 43,5 kg/cm², en una zona de cambio de calor

5. a contracorriente con un refrigerante de compuestos múltiples fraccionado por condensación parcial en tres operaciones sucesivas. Después del enfriamiento inicial para licuar los elementos de punto de ebullición elevado y de la separación de estos elementos, se hace pasar la carga de gas natural de la composición siguiente en la zona de cambio de calor:
- 10.

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	1,15
	Metano	71,03
	C ₂	14,62
15.	C ₃	8,54
	C ₄	3,94
	C ₅	0,62
	C ₆	0,10

- Antes de hacer salir la carga de gas natural de la zona cambiadora de calor, se hace disminuir la presión a alrededor de 10,5 kg/cm² absolutos y se le hace salir de la zona, totalmente en fase líquida, a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenar lo después bajo una presión absoluta de alrededor de 1 kg/cm², a una temperatura de alrededor de -163°C.. El refrigerante de compuestos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor
20. bajo una presión absoluta de alrededor de 2,8 kg/cm² y sale bajo una presión absoluta de alrededor de 31,6 kg/cm². El refrigerante compuesto múltiple que llega al compresor consiste en la mezcla siguiente y cuyo peso molecular medio es de 34,94 :
- 25.

379283



	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	4,85
	Metano	27,64
	C ₂	37,78
5.	C ₃	5,96
	C ₄	14,42
	C ₅	9,05
	C ₆	0,30

10. EJEMPLO 2.- Operación de refrigeración de compuestos múltiples del tipo descrito anteriormente que sirve para licuar un gas natural de la composición siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	0,81
	Metano	88,20
15.	C ₂	4,34
	C ₃	2,82
	C ₄	1,99
	C ₅	0,98
	C ₆	0,86

20. Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua a la instalación, a una temperatura de alrededor de 38°C. y bajo una presión absoluta de alrededor de 43,5 kg/cm² en la zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante de compuestos múltiples fraccionado por condensación parcial, en tres operaciones sucesivas. Después

25. del enfriamiento inicial de liquefacción de los elementos de punto de ebullición elevado, y de la separación de estos elementos, se hace pasar en la zona cambiadora de calor la carga de gas natural cuya composición es la siguiente:

379283



	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	6,83
	Metano	90,15
	C ₂	4,19
5.	C ₃	2,74
	C ₄	1,67
	C ₅	0,32
	C ₆	0,10

10. Antes de hacer salir la carga de gas natural de la zona cambiadora de calor se la hace disminuir la presión a alrededor de 10,5 kg/cm² absolutos y se la hace salir de esta zona enteramente en fase líquida, a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenarla después bajo presión absoluta de alrededor de 1 kg/cm² a una temperatura de alrededor de -163°C.. El refrigerante de compuestos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor bajo

15. una presión absoluta de alrededor de 2,8 kg/cm² y sale de él a una presión absoluta de alrededor de 31,6 kg/cm². El refrigerante de compuestos múltiples que llega al compresor consiste en una mezcla cuyo peso molecular es de 33,42, medio, y es la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
20.	Nitrógeno	4,85
	Metano	32,50
	C ₂	36,50
	C ₃	6,55
25.	C ₄	8,50
	C ₅	10,80
	C ₆	0,30

30. EJEMPLO 3.- Operación de refrigeración a compuestos múltiples del tipo descrito anteriormente que sirve para licuar un gas natural de la composición siguiente:

379283



	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	0,71
	Metano	89,13
	C ₂	5,68
5.	C ₃	2,46
	C ₄	1,11
	C ₅	0,49
	C ₆	0,42

10. Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico ni agua a la instalación, a una temperatura de alrededor de 38°C. y bajo una presión absoluta de alrededor de 46,4 kg/cm² en la zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante de compuestos múltiples fraccionado por condensación en tres operaciones sucesivas. Después del enfriamiento inicial de liquefacción de los elementos de puntos de ebullición elevados y separación de estos elementos, se hace pasar la carga de gas natural de la composición siguiente en la zona cambiadora de calor:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
20.	Nitrógeno	0,74
	Metano	93,21
	C ₂	5,19
	C ₃	0,72
	C ₄	0,10
25.	C ₅ , C ₆	0,04

30. Antes de hacer salir la carga de gas natural de la zona cambiadora de calor se hace disminuir la presión absoluta hasta alrededor de 9,4 kg/cm² y se la hace salir de la zona enteramente en fase líquida, a una temperatura de alrededor de -165°C., para almacenaje posterior bajo una presión absoluta de alrededor de 1 kg/cm² y

379283



a una temperatura de alrededor de -163°C . El refrigerante de compuestos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor bajo una presión absoluta de alrededor de $2,19 \text{ kg/cm}^2$ y sale del mismo a una presión absoluta de alrededor de $31,6 \text{ kg/cm}^2$. Este refrigerante que llega al compresor consiste en una mezcla de un peso molecular medio de 34,28 componiéndose de los elementos siguientes:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	4,40
10.	Metano	27,40
	C_2	41,00
	C_3	5,50
	C_4	12,50
	C_5	9,20

15. EJEMPLO 4.- Operación de refrigeración de compuestos múltiples del tipo ya descrito destinada a licuar un gas natural de la composición siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	0,43
20.	Metano	99,49
	C_2	0,06
	C_3	0,01
	$\text{C}_4, \text{C}_5, \text{C}_6$	0,01

Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga hidrógeno sulfurado ni anhídrido carbónico ni agua a la instalación a una temperatura de alrededor de 15°C . y una presión absoluta de alrededor de $42,1 \text{ kg/cm}^2$ en una zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante a compuestos múltiples, fraccionado por condensación parcial en tres operaciones sucesivas. La carga de gas natural sale de la zona enteramente en fase líquida, bajo una

379283



presión absoluta de alrededor de 38,6 kg/cm² y una temperatura de alrededor de -164°C.. El refrigerante de compuestos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor bajo una presión absoluta de alrededor de 3,5 kg/cm² y sale del mismo a una presión absoluta de alrededor de 32,7 kg/cm². Este refrigerante, que llega al compresor consiste en una mezcla de un peso molecular medio de 34,49 y se compone de los elementos siguientes:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	5,42
10.	Metano	22,50
	C ₂	41,70
	C ₃	11,92
	C ₄	12,43
	C ₅	6,03

15. EJEMPLO 5.- Operación de refrigeración a compuestos múltiples del tipo ya descrito y utilizada para licuar gas natural de la composición siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	1,18
20.	Metano	66,98
	C ₂	17,22
	C ₃	8,94
	C ₄	4,03
	C ₅	1,27
25.	C ₆	0,38

Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga ni hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua, a la instalación a una temperatura de alrededor de 38°C y bajo presión absoluta de alrededor de 43 kg/cm², en una zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante a compuestos múltiples, fraccionado

30.

379283



por condensación parcial en tres operaciones sucesivas. Después del enfriamiento inicial de liquefacción de los elementos de punto de ebullición elevado y de la separación de estos elementos, se hace pasar en la zona cambiadora de calor a la carga de gas natural cuya composición es la siguiente:

5.

<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
Nitrógeno	1,20
Metano	68,34
C ₂	17,21
C ₃	9,31
C ₄	3,14
C ₅	0,70
C ₆	0,10

10.

Antes de hacer salir la carga de gas natural de la zona cambiadora de calor se hace disminuir la presión absoluta hasta alrededor de 10,5 kg/cm² y se la hace salir de esta zona enteramente en fase líquida a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenaje posterior bajo una presión absoluta de alrededor de 1,0 kg/cm² y a una temperatura de alrededor de -163°C.. El refrigerante

15.

de compuestos múltiples llega al dispositivo de aspiración del compresor bajo una presión absoluta de alrededor de 2,8 kg/cm² y sale del mismo a una presión absoluta de alrededor de 32,3 kg/cm². Este refrigerante, que llega al compresor, consiste en una mezcla de peso molecular medio de 34,75 y se compone de los elementos siguientes:

20.

25.

<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
Nitrógeno	4,85
Metano	27,80
C ₂	38,00
C ₃	6,00

30.

379263



C ₄	14,50
C ₅	8,55
C ₆	0,30

5. EJEMPLO 6.- Operación de refrigeración a compuestos múltiples del tipo ya descrito y que sirve para licuar un gas natural cuya composición es la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	4,11
	Metano	92,50
10.	C ₂	3,22
	C ₃	0,10
	C ₄	0,06
	C ₅	0,01

15. Se hace llegar a la carga de gas natural que no contenga hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua, en la instalación a una temperatura de alrededor 38°C. y bajo una presión absoluta de alrededor de 45 kg/cm², en una zona cambiadora de calor a contracorriente, con un refrigerante a compuestos múltiples fraccionado por condensación parcial en tres operaciones sucesivas.

20. Después del enfriamiento inicial de liquefacción de los elementos de punto de ebullición elevado, se separan estos elementos de la carga de gas natural. Se hace salir esta carga de la zona enteramente en fase líquida y, después de haber hecho su presión disminuir hasta alrededor de 3,5 kg/cm², se la almacena a una temperatura de alrededor de -159°C..

25. El refrigerante a compuestos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor bajo una presión absoluta de alrededor de 2,1 kg/cm² y sale del mismo a una presión absoluta de alrededor de 32,6 kg/cm². Este refrigerante que llega al compresor consiste en una mezcla de un peso molecular medio de 33,06 y se compone de los elementos siguientes:

30.

379233



<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
Nitrógeno	1,10
Metano	35,47
C ₂	36,33
5. C ₃	6,29
C ₄	9,46
C ₅	11,35

10. EJEMPLO 7.- Operación de refrigeración a compuestos múltiples del tipo ya descrito, que sirve la licuar un gas natural de la composición siguiente:

<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
Nitrógeno	0,36
Metano	99,54
C ₂	0,10

15. Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga ni hidrógeno sulfurado ni anhídrido carbónico, ni agua, a la instalación a una temperatura de alrededor de 38°C. y bajo una presión absoluta de alrededor de 43 kg/cm², en una zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante compuesto múltiple, fraccionado por condensación parcial en tres operaciones sucesivas.
20. Antes de hacer salir la carga de gas natural de la zona cambiadora de calor, se hace disminuir la presión absoluta a alrededor de 10,5 kg/cm² y se la hace salir de la zona enteramente en fase líquida, a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenar
25. seguidamente a una presión absoluta de alrededor de 1,0 kg/cm² y a una temperatura de alrededor de -163°C.. Este refrigerante llega al orificio de aspiración del compresor a una presión de alrededor de 2,8 kg/cm² y sale del mismo a una presión absoluta de 32,6 kg/cm². El refrigerante que llega al compresor consiste en
30. una mezcla de peso molecular medio de 31,03 y cuya composición es

379283



la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	5,0
	Metano	32,6
5.	C ₂	43,8
	C ₃	2,0
	C ₄	11,6
	C ₅	5,0

10. EJEMPLO 8.- Operación de refrigeración de compuestos múltiples del tipo ya descrita que sirve para licuar gas natural cuya composición es la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	0,36
	Metano	99,54
15.	O ₂	0,10

20. Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga ni hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua, a una instalación a temperatura de alrededor de 38°C. y bajo una presión de 44 kg/cm², absoluta, en una zona cambiadora de calor a contracorriente con una refrigerante a compuestos múltiples, fraccionado por condensaciones parciales en tres operaciones sucesivas. Antes de hacer salir la carga de gas natural de la zona cambiadora de calor se la hace disminuir la presión absoluta a alrededor de 10 kg/cm² y se la hace salir de la zona enteramente en fase líquida

25. a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenaje seguidamente bajo una presión absoluta de alrededor de 1,0 kg/cm² y a una temperatura de alrededor de -163°C.. Este refrigerante llega al orificio de aspiración del compresor a una presión absoluta de alrededor de 2,8 kg/cm² y sale del mismo a los 31,6 kg/cm². El re-

30. frigerante que llega al compresor consiste en una mezcla de peso

379203



molecular medio de 33,17 y cuya composición es la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	5,5
	Metano	24,0
5.	C ₂	43,5
	C ₃	12,0
	C ₄	10,0
	C ₅	5,0

10. EJEMPLO 9.- Operación de refrigeración a compuestos múltiples del tipo ya descrita y que sirva para licuar un gas natural cuya composición es la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	0,5
	Metano	89,7
15.	C ₂	4,0
	C ₃	3,5
	C ₄	1,4
	C ₅	0,4
	C ₆	0,5

20. Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga ni hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua, a la instalación a una temperatura de alrededor de 38°C. y a una presión absoluta de alrededor de 41,3 kg/cm² en una zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante a compuestos múltiples, fraccionado por condensación parcial en tres operaciones sucesivas. Se hace disminuir la presión de la carga de gas natural a 10,5 kg/cm² absolutos y se la hace salir de la zona enteramente en fase líquida, a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenarla seguidamente bajo presión absoluta de alrededor de 1,0 kg/cm² y a temperatura de alrededor de -163°C.. El refrigerante a compues-

25.

30.

379283



tos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor a una presión absoluta de alrededor de 2,8 kg/cm² y sale del mismo a la de 31,6 kg/cm². El refrigerante que llega al compresor consiste en una mezcla de peso molecular 34,45 y cuya composición

5. es la siguiente:

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	7,0
	Metano	29,5
	C ₂	37,5
10.	C ₃	3,6
	C ₄	9,0
	C ₅	13,4

EJEMPLO 10.- Operación de refrigeración a compuestos múltiples del tipo ya descrito y que sirve para licuar un gas natural cuya composición es la siguiente:

15.

	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	0,11
	Metano	90,33
	C ₂	5,44
20.	C ₃	2,03
	C ₄	1,30
	C ₅	0,46
	C ₆	0,33

25. Se hace llegar la carga de gas natural que no contenga ni hidrógeno sulfurado, ni anhídrido carbónico, ni agua, a la instalación a una temperatura de alrededor de 38°C. y bajo una presión absoluta de alrededor de 43,5 kg/cm², en una zona cambiadora de calor a contracorriente con un refrigerante a compuestos múltiples, fraccionado por condensación parcial en tres operaciones sucesivas.

30. Se hace disminuir la presión de la carga de gas natural a alrede-

379283



dor de 10,5 kg/cm² absolutos y se la hace salir de la zona en fase enteramente líquida, a una temperatura de alrededor de -164°C. para almacenarla seguidamente a una presión absoluta de alrededor de 1,0 kg/cm² y a una temperatura de aproximadamente -163°C.. El refrigerante a compuestos múltiples llega al orificio de aspiración del compresor a una presión absoluta de aproximadamente 2,8 kg/cm² y sale del mismo a una presión de 31,6 kg/cm². El refrigerante que llega al compresor consiste en una mezcla de un peso molecular medio de 34,03 y cuya composición es la siguiente:

10.	<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje molar en volumen</u>
	Nitrógeno	7,0
	Metano	29,5
	C ₂	38,5
	C ₃	3,8
15.	C ₄	8,6
	C ₅	12,6

El motivo de los ejemplos que preceden es que los refrigerantes a compuestos múltiples citados consisten en una mezcla de elementos gaseosos tales como el nitrógeno, el metano e hidrocarburos que contienen, el menos, 2 átomos de carbono; que el nitrógeno es el compuesto cuyo punto de ebullición es más bajo; que el hidrocarburo que contiene 2 átomos de carbono y cuyo punto de ebullición es el tercero en el orden decreciente, consiste en el elemento cuyo porcentaje es el mayor en la mezcla y que el metano cuyo punto de ebullición es el segundo en el orden decreciente es el compuesto cuyo porcentaje se coloca el segundo en la mezcla.

Se deduce, además, de los ejemplos anteriores que entre los elementos a compuestos múltiples que contienen hidrocarburos a tres, cuatro, cinco átomos de carbono aquel cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar en la mezcla forma parte del grupo que consiste en

30.

379283



5. hidrocarburos, que contienen respectivamente tres, cuatro y cinco átomos de carbono. Se ha comprobado que eligiendo refrigerantes a compuestos múltiples de la composición de la invención, se puede licuar un gas natural con un rendimiento global más elevado que con los refrigerantes de las composiciones anteriores. Se considera que el aumento de rendimiento resulta, al menos en parte, de la elección de un refrigerante en el elemento cuyo punto de ebullición se coloca en tercer lugar es aquel cuyo porcentaje es el más fuerte en la mezcla, siendo la proporción de este compuesto inferior al 50% de la mezcla, y de preferencia comprendida entre aproximadamente el 35 y el 45%.

10. Según otra característica de los refrigerantes a compuestos múltiples de la invención y que no poseen los refrigerantes anteriores, la suma de las proporciones del elemento cuyo porcentaje es más fuerte y del elemento cuyo porcentaje se coloca en segundo lugar en la mezcla, representa más del 50% de la mezcla, y está comprendido, preferentemente, entre alrededor del 61 al 77%. Se obtiene con los porcentajes indicados del metano y del hidrocarburo que contiene 2 átomos de carbono, en los refrigerantes que contienen también hidrocarburos más pesados, mezclas cuyo peso molecular está comprendido entre alrededor de 31 a 35. A este propósito, es fácil comprobar que el peso molecular medio de un refrigerante a compuestos múltiples anterior es en general igual a 20 e incluso menos, pero en todos los casos no sobrepasa de 25.

15. Entre las cargas de gas natural de los ejemplos, solo las de los ejemplos 1 y 5 tienen un peso molecular medio superior a 20, es decir, respectivamente de 23,23 y de 23,77.

20. Consecuencia de los ejemplos anteriores es, además, que los refrigerantes a compuestos múltiples que poseen las características precisadas, se obtienen también refrigerantes que poseen caracte-

25.

30.

379283



5. rísticas suplementarias que dependen del elemento cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar en la mezcla. Cuando el elemento de este porcentaje consiste en un hidrocarburo de tres átomos de carbono, un hidrocarburo de 4 átomos es el elemento cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar en la mezcla, y el nitrógeno el cual cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar en la mezcla. Igualmente cuando el elemento cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar en la mezcla es un hidrocarburo de 4 átomos de carbono, aquel cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar forma parte de un grupo
10. que se compone de hidrocarburos de 3 a 5 átomos de carbono; cuando el elemento cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar es un hidrocarburo de 3 átomos de carbono, aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, mientras que cuando el elemento cuyo porcentaje se coloca en cuarto
15. lugar es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar forma parte de un grupo que consiste en nitrógeno y un hidrocarburo de 3 átomos de carbono. Por otra parte, cuando el elemento cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, aquel cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar es un hidrocarburo de 4 átomos
20. de carbono y aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar forma parte de un grupo que consiste en nitrógeno y un hidrocarburo de 3 átomos de carbono.

25. Se obtiene pues, según la invención, refrigerantes a compuestos múltiples de una nueva composición que convienen particularmente a la liquefacción de un gas natural de composición variable. Aunque los refrigerantes a compuestos múltiples, sean diferentes en lo que concierne al porcentaje de sus elementos, se ha descubierto para cada uno de ellos que el elemento de la mezcla cuyo
30. porcentaje es el más elevado es aquel cuyo punto de ebullición se

379283



coloca en tercer lugar en el orden decreciente, es decir, un hidrocarburo de 2 átomos de carbono y que aquel cuyo porcentaje se coloca seguidamente consiste en metano cuyo punto de ebullición se coloca seguidamente en el orden decreciente.

5. Todavía un resultado de los ejemplos que preceden es que además de las variaciones precitadas, el porcentaje de la mezcla que contiene el hidrocarburo de 2 átomos de carbono puede estar comprendido entre alrededor de 35 y 45% y aquel del metano contenido en la mezcla puede estar comprendido entre alrededor del 22 al 36%.
- 10.

Se sobreentiende que la invención no debe estar considerada limitada a las formas de realización representadas y descritas, que han sido escogidas a título de ejemplo no limitativo.

N O T A

15. Hecha la descripción del presente invento lo que se declara como no practicado ni puesto en ejecución en España comprende las reivindicaciones siguientes:

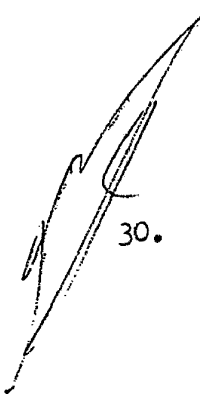
20. 1.- Procedimiento, con su instalación realizadora, para la liquefacción de gas natural, c a r a c t e r i z a d o por el hecho de que a la corriente de alimentación se la hace pasar, en continuidad, a través de los cambiadores de calor, así como se hace llegar, sucesivamente y a una serie de separadores de gas-líquido, una mezcla refrigerante que comprende, al menos cuatro constituyentes al objeto de formar múltiples fracciones de refrigerante líquido y gaseoso que tengan temperaturas decrecientes, llevando cada una de las fracciones líquidas a una temperatura inferior a la que se hizo la separación, sometiendo, a continuación,
- 25.

379 283



5. a la corriente de alimentación a un cambio de calor con cada una de las fracciones de refrigerante líquido, por temperaturas decrecientes, de manera que se licúe la corriente de alimentación, reduciendo la presión de la corriente de alimentación, inmediatamente antes del cambio de calor con la fracción de refrigerante líquido que tenga la temperatura más baja, de manera que se reduzca al mínimo la entalpía de la corriente de alimentación a baja temperatura antes de la disminución de la presión al nivel atmosférico, se somete a la corriente de alimentación a un cambio
10. de calor con cada una de las fracciones de refrigerante líquido pulverizando las fracciones en la envuelta de un cambiador de calor alargado combinado, en puntos predeterminados de la longitud del mismo se vaporizan cada una de las fracciones líquidas en el cambiador, entre el punto de inyección de esta fracción y el punto
15. de inyección de la fracción líquida siguiente, reuniendo de nuevo las fracciones vaporizadas y reciclándolas como mezcla refrigerante comprimiéndolas, seguidamente, hasta una primera presión y refrigerándolas para condensar una porción que se separa del resto gaseoso, se comprime de nuevo este resto gaseoso, se
20. refrigera este resto comprimido para condensar una nueva porción y se conduce la primera porción condensada, al mismo tiempo que el resto comprimido, a la serie de separadores de refrigerante gas-líquido.

25. 2.- Procedimiento para cuya realización se dispone de una instalación c a r a c t e r i z a d a por el hecho de estar compuesta por un cambiador de calor que lleva una envuelta alargada de un solo contenedor y que lleva, al menos, un serpentín destinado a ser atravesado por una corriente de alimentación, varios serpentines destinados a ser atravesados por varios medios refrigerantes, varios dispositivos de inyección colocados cerca de cada
- 30.



379283

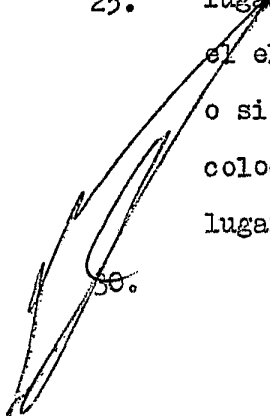


- uno de los serpentines, un separador gas-líquido de fases múltiples, cuya primera fase comporta una entrada destinada a la conducción de un refrigerante compuesto, conductos que empalman los puntos bajos de cada fase del separador a uno de los dispositivos de inyección de líquido y conductos que empalman los puntos altos de cada fase del separador a uno de los serpentines, componiéndose la corriente de alimentación a base de gas natural y los constituyentes del refrigerante a base de nitrógeno, metano, etano, butano y también pentano.
- 5.
10. 3.- Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, en el cual los refrigerantes utilizados se caracteriza n por el hecho de comprender una mezcla de nitrógeno y varios hidrocarburos, tales como el metano y un hidrocarburo a 2 átomos de carbono, que constituye el elemento cuyo porcentaje es el más elevado de la mezcla, mientras que el metano es el que cuyo porcentaje viene en segundo lugar en la mezcla, el hidrocarburo que contiene 2, 3, 4 y 5 átomos de carbono y el elemento cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar en la mezcla, forma parte de un grupo de hidrocarburos de 2, 4 y 5 átomos de carbono, el peso molecular de la mezcla, medio, está comprendido entre alrededor de 30 y 35, el hidrocarburo de 2 átomos de carbono representa aproximadamente el 35 a 45% de la mezcla, el metano representa aproximadamente el 22 a 36% de la mezcla, el hidrocarburo de 2 átomos de carbono y el metano representan juntos más del 50% de la mezcla, esta proporción está comprendida entre alrededor del 64 y el 77% de la mezcla, la proporción de nitrógeno no sobrepasa el porcentaje colocado en quinto lugar de la mezcla, si el elemento cuyo porcentaje en la mezcla se coloca en tercer lugar es un hidrocarburo de 3 átomos de carbono, el elemento cuyo porcentaje en la mezcla se coloca en cuarto lugar es un hidrocarburo de 4 átomos
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

379 283



- de carbono y aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar con siste en el nitrógeno, si el elemento cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar en la mezcla es un hidrocarburo de 4 átomos de carbono y aquel cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar forma
5. parte de un grupo que se compone de hidrocarburos de 3 y de 5 átomos de carbono, aquel cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar es un hidrocarburo de 3 átomos y aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar en la mezcla es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, si el elemento cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono y aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar en la mezcla forma parte de un grupo que consiste en nitrógeno y un hidrocarburo de 3 átomos de carbono, si aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar en la mezcla es un hidrocarburo de 3 átomos de carbono y el nitrógeno
10. es el elemento cuyo porcentaje se coloca en sexto lugar en la mezcla, si el nitrógeno es el elemento cuyo porcentaje en la mezcla se coloca en quinto lugar el elemento cuyo porcentaje se coloca en sexto lugar resulta un hidrocarburo de 3 átomos de carbono, si el elemento cuyo porcentaje se coloca en tercer lugar en la mezcla es un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, aquel cuyo porcentaje se coloca en cuarto lugar es un hidrocarburo de 4 átomos de carbono y aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar forma parte de un grupo que consiste en nitrógeno y un hidrocarburo de 3 átomos de carbono, si aquel cuyo porcentaje se coloca en quinto lugar es un hidrocarburo de 3 átomos de carbono y el nitrógeno es el elemento cuyo porcentaje se coloca en sexto lugar en la mezcla, o si el nitrógeno es el elemento cuyo porcentaje en la mezcla se coloca en quinto lugar aquel cuyo porcentaje se coloca en sexto lugar es un hidrocarburo de 3 átomos de carbono.



50. 4.- Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, c a-

379 285 - 4



- r a c t e r i z a d o por el hecho de que la corriente del refrigerante de compuestos múltiples consiste en una mezcla de, al menos, cinco elementos con puntos de ebullición diferentes, siendo el punto de ebullición del primer elemento inferior a la temperatura del gas natural licuado bajo presión, el del segundo elemento es el tercero en el orden decreciente y este elemento es aquel cuyo porcentaje es el más fuerte en la mezcla, el punto de ebullición del tercer elemento es el segundo en el orden decreciente y este elemento es aquel cuyo porcentaje se coloca en segundo lugar en la mezcla no sobrepasando el porcentaje del primer elemento el porcentaje que se coloca en quinto lugar en la mezcla, así como el porcentaje del cuarto elemento se coloca en cuarto lugar en la mezcla y su punto de ebullición es superior al del segundo elemento.
5. 10. 15. 5.- Procedimiento, con su instalación realizadora, para la liquefacción de gas natural.

Según se describe y reivindica en la presente Memoria que consta de treinta y nueve hojas foliadas y mecanografiadas por una sola cara y de dos láminas de dibujos.

Madrid, a 4 MAYO 1970

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.

P. a.

JAIMESERN

P. P.

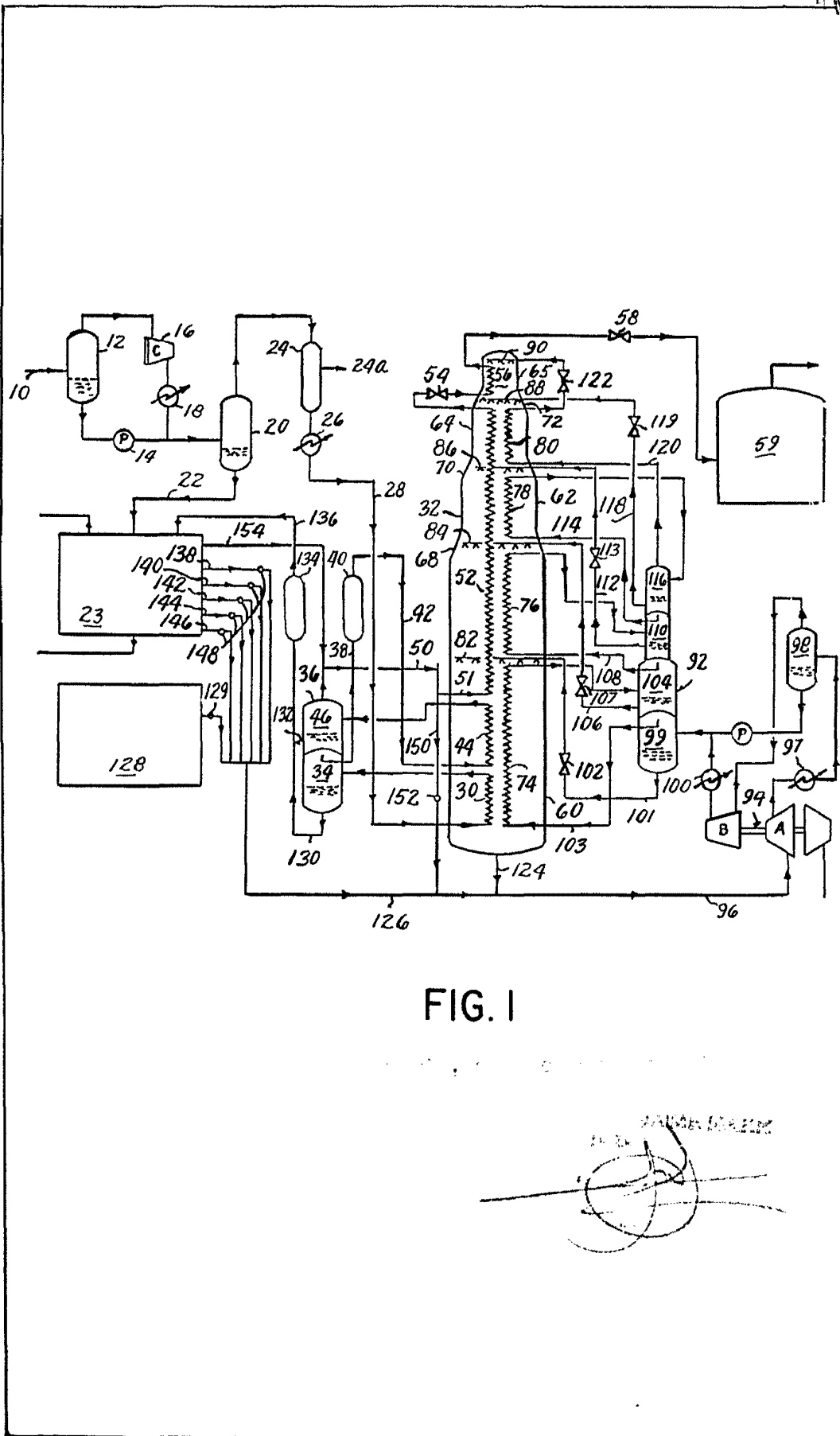
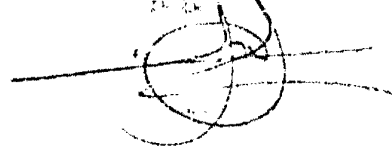


FIG. 1

WALTER D. BAKER



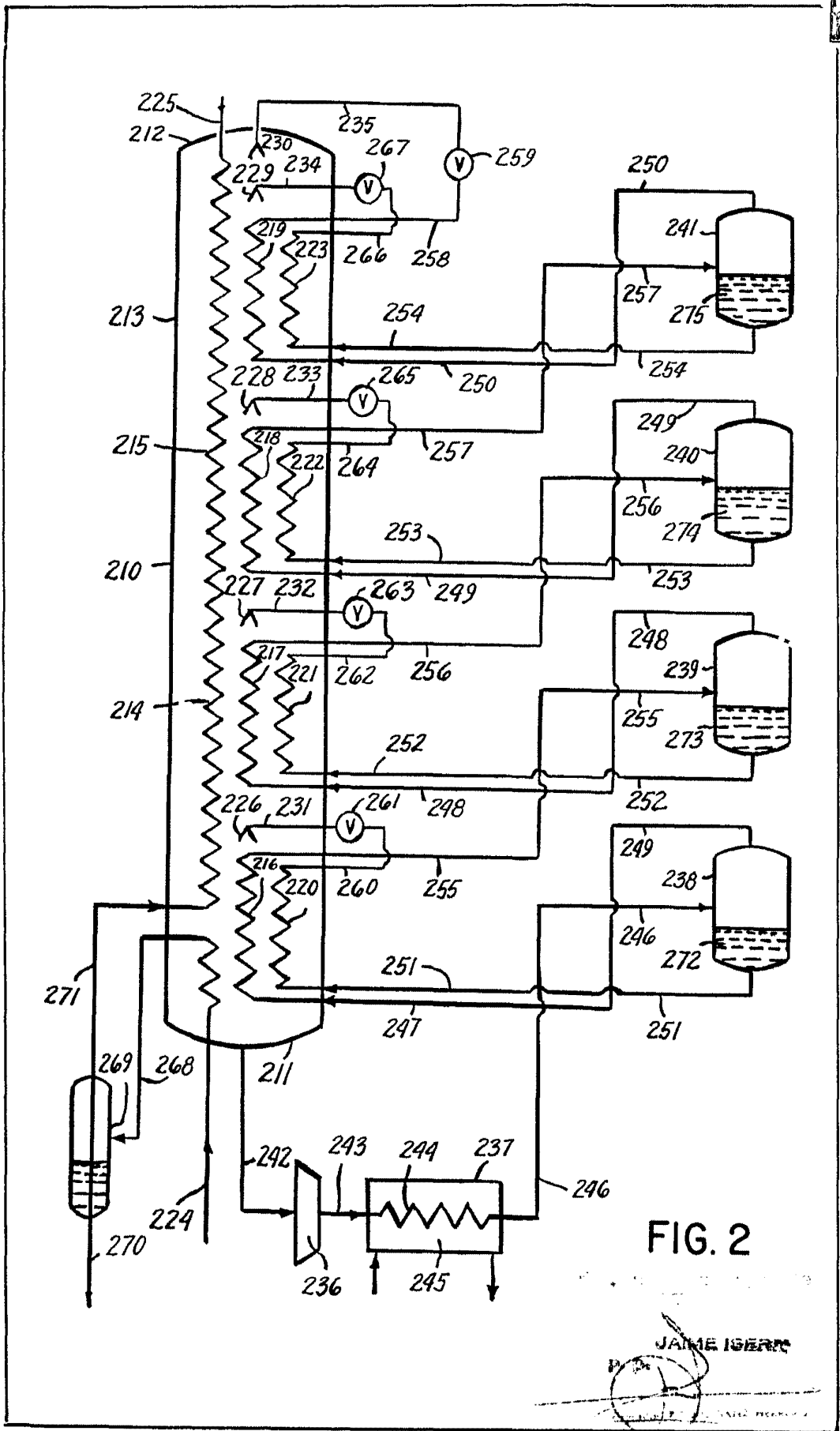


FIG. 2

JAMES ISERN