



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0612316-3 A2**



(22) Data de Depósito: 30/05/2006
(43) Data da Publicação: 03/11/2010
(RPI 2078)

(51) *Int.Cl.:*
F25J 1/02

(54) Título: **PROCESSO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE RICA EM HIDROCARBONETO**

(30) Prioridade Unionista: 23/06/2005 DE 10 2005 029 275.5

(73) Titular(es): LINDE AKTIENGESSELLSCHAFT

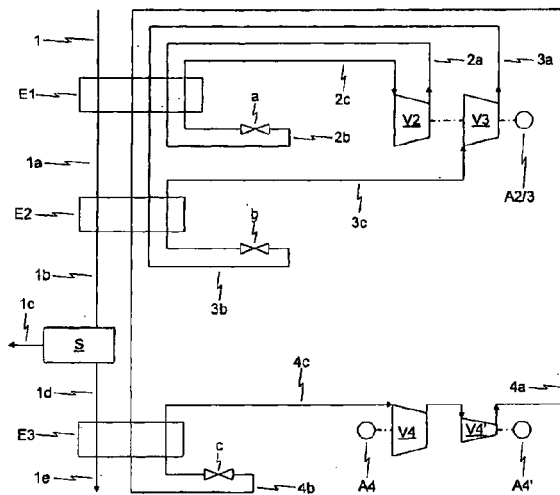
(72) Inventor(es): Heinz Bauer, Rainer Sapper

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006005138 de 30/05/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/136269 de 28/12/2006

(57) **Resumo:** PROCESSO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE RICA EM HIDROCARBONETO. A presente invenção refere-se a um processo para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, especialmente uma corrente de gás natural, sendo que a liquefação da corrente rica em hidrocarboneto se realiza contra uma cascata de circuito de mistura de agentes de refrigeração, consistindo em três circuitos de mistura de agentes de refrigeração. De acordo com a invenção, o primeiro e o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a - 2b, 3a - 3b), servem para a pré-refrigeração, e o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração (4a - 4b), para a liquefação e a super-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto. Neste caso, o primeiro e/ou o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a - 2b, 3a - 3b), são projetados de preferência como circuitos de mistura de agentes de refrigeração de um só estágio, enquanto o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração (4a - 4b), é projetado de preferência como circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE RICA EM HIDROCARBONETO**".

5 A presente invenção refere-se a um processo para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, especialmente uma corrente de gás natural, sendo que a liquefação da corrente rica em hidrocarboneto se realiza contra uma cascata de circuito de mistura de agentes de refrigeração, consistindo em três circuitos de mistura de agentes de refrigeração.

10 Em seguida, sob o termo "primeiro circuito de mistura de agentes de refrigeração" sempre deve ser entendido também um circuito de agente de refrigeração de dióxido de carbono.

Um processo de acordo com o gênero, para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, está conhecido da publicação Alemã 197 16 415. Com a citação da publicação Alemã 197 16 415, seu conteúdo de publicação deve ser integrado no conteúdo de publicação do presente requerimento de patente.

15 Instalações para a liquefação de gás natural são projetadas como chamadas LNG-Baseload-Plants, por conseguinte instalações para a liquefação de gás natural como energia primária, ou como chamadas Peak-Shaving-Plants, por conseguinte instalações para a liquefação de gás natural para a cobertura da demanda de pico.

20 LNG-Baseload-Plants são operadas em regra com circuitos de refrigeração, que consistem em misturas de hidrocarbonetos. Estes circuitos de misturas são energeticamente mais eficientes que circuitos de expansão, e possibilitam no caso dos grandes rendimentos de liquefação das Baseload-Plants, consumos de energia correspondentes, relativamente baixos.

25 No caso de processos de liquefação de acordo com o gênero, o primeiro circuito de mistura serve até agora em princípio para a pré-refrigeração, o segundo circuito de mistura para a liquefação, e o terceiro circuito de mistura para a super-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto ou do gás natural, respectivamente.

30 Entre a pré-refrigeração e a liquefação se realiza, contanto que

seja necessária, a separação de hidrocarbonetos com ponto mais alto de ebulição. Estes são pelo menos aqueles componentes da corrente rica em hidrocarboneto ou do gás natural, respectivamente, a ser liquefeito, os quais, na ocasião do esfriamento que segue, se separariam por
5 congelação, por conseguinte hidrocarbonetos C_{5+} e aromáticos. Frequentemente são separados antes da liquefação também aqueles hidrocarbonetos, neste caso especialmente propano e butano, os quais aumentariam indesejadamente do valor calorífico do gás natural liquefeito.

Do requerimento de patente alemão 103 44 030, também é conhecido um processo de liquefação de acordo com o gênero; no caso deste,
10 pelo menos uma corrente parcial da mistura de agentes de refrigeração do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração, é utilizada para a pré-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto. Este processo de liquefação possibilita um aproveitamento mais econômico dos compressores e
15 acionamentos disponíveis, uma vez que os compressores (de circuito) dos três circuitos de mistura recebem aproximadamente a mesma potência de acionamento, por conseguinte cada vez aproximadamente 33,3% da potência de acionamento total. Por conseguinte, especialmente grandes instalações para a liquefação com um rendimento de liquefação maior que 5 mi-
20 lhões de toneladas de LNG por ano, podem ser operadas de maneira mais econômica, uma vez que através de uma padronização dos acionamentos e compressores dos três circuitos de refrigeração, pode ser maximizado o rendimento de liquefação que pode ser obtido com acionamentos e compressores comprovados, respectivamente.

25 A mistura de agentes de refrigeração do primeiro circuito de mistura de agentes de refrigeração, utilizada para a pré-refrigeração, no caso dos processos de liquefação de acordo com o gênero acima descritos, é evaporada em regra em dois ou vários níveis de pressão diferentes. Desta maneira é obtida uma adequação boa da oferta de frio à demanda de refrige-
30 ração das correntes de processo quentes, e com isso é reduzido o consumo de energia. Por conseguinte, especialmente para chamadas instalações e processos Baseload, respectivamente, não é usual uma pré-refrigeração de

um só estágio, em virtude de consumo de energia elevado inerente a esta.

A condução do processo acima descrita, que faz parte do estado da técnica, tem como consequência, que pelo menos uma corrente parcial da mistura de agentes de refrigeração, que serve para a pré-refrigeração, é evaporada em uma pressão mais baixa que a restante corrente parcial da mistura de agentes de refrigeração. A utilização de agentes de refrigeração que evaporizam com pressão baixa, no entanto, leva forçosamente a aparelhos, máquinas assim como tubulações maiores, e com isso com maior intensidade em termos de custos.

10 É tarefa da presente invenção de indicar um processo de acordo com o gênero, que evita as desvantagens acima mencionadas.

Para a solução desta tarefa propõe-se um processo de acordo com o gênero para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, que está caracterizado pelo fato, que o primeiro e o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração servem para a pré-refrigeração, e o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração para a liquefação e super-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto.

Outros aperfeiçoamentos vantajosos do processo de acordo com a invenção, para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, são caracterizados pelo fato, que

20 - o primeiro e/ou o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração são projetados como circuitos de mistura de agentes de refrigeração de um só estágio,

25 - o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração está projetado como circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios,

30 - o consumo de energia dos compressores do primeiro e do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração é idêntico, ou é idêntico em essência em relação ao consumo de energia dos compressores do terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios,

- sendo que todos os compressores dos circuitos de mistura de agentes de refrigeração apresentam um consumo de energia idêntico ou em

essência idêntico,

- o consumo de energia dos compressores do primeiro e do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração é idêntico ou em essência idêntico em relação ao consumo de energia de cada um de ambos os
5 compressores do terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios, e

- como acionamentos para os compressores se utilizam de preferência turbinas a gás, turbinas a vapor e/ou motores elétricos.

Sob o termo "pré-refrigeração" deve ser entendido um esfriamento da corrente rica em hidrocarboneto a ser liquefeita, para uma temperatura de pelo menos -30°C até -70°C , de preferência -40°C até -60°C .
10

No lugar do circuito de pré-refrigeração de dois estágios, realizado no caso do processo de liquefação que faz parte do estado da técnica, agora são utilizados, de acordo com a invenção, dois circuitos de mistura de agentes de refrigeração separados, cada vez de um só estágio, para a pré-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto. Por meio de uma escolha adequada das condições do processo, como composições das misturas, perfil de pressão, etc., pode ser elevada nitidamente a pressão de sucção de ambos os circuitos de liquefação no caso do processo de liquefação de acordo com a invenção, a saber, tipicamente para 5 bara e mais alto. Em
15 comparação com isto, a pressão de sucção do estágio de pressão baixa, de um circuito de pré-refrigeração de dois estágios, fica tipicamente em 2 até 3 bara.
20

O processo de acordo com a invenção, em virtude das densidades do gás mais altas, dos circuitos de mistura de agentes de refrigeração utilizados para a pré-refrigeração, possibilita a realização de instalações e processos compactos, respectivamente. Em comparação com processos de liquefação, nos quais são utilizados somente dois circuitos de mistura, o processo de acordo com a invenção com três circuitos de mistura apresenta,
25 além disso, um consumo de energia específico mais baixo.
30

O processo de acordo com a invenção assim como outros aperfeiçoamentos deste, que representam objetos das reivindicações de patente

dependentes, em seguida serão explicados mais detalhadamente através do exemplo de execução representado na figura.

No caso do modo de processamento descrito através da figura, o esfriamento e a liquefação da corrente rica em hidrocarboneto, a qual é levada através da tubulação 1 para o trocador de calor E1, se realiza contra uma cascata de circuito de mistura de agentes de refrigeração, consistindo em três circuitos de mistura de agentes de refrigeração. Estes apresentam em regra composições diferentes, como, por exemplo, descrito na publicação Alemã 197 16 415, acima mencionada.

A corrente rica em hidrocarboneto a ser liquefeita, é esfriada no trocador de calor E1, contra a corrente de mistura de agentes de refrigeração 2b que evapora, do primeiro circuito de mistura 2a até 2c. Em seguida, a corrente rica em hidrocarboneto é levada através da tubulação 1a, para o trocador de calor E2, e dentro deste é esfriada ainda mais contra a corrente de mistura de agentes de refrigeração 3b que evapora, do segundo circuito de mistura 3a até 3c.

Na saída do trocador de calor E2, a corrente rica em hidrocarboneto esfriada, fica sob uma temperatura de -30°C até -70°C , de preferência -40°C até -60°C . Agora esta é levada através da tubulação 1b, para uma unidade de separação S, representada somente como caixa preta.

Dentro desta se realiza a separação de C_{3+} acima descrita, sendo que os componentes separados da corrente rica em hidrocarboneto a ser liquefeita, são retirados da unidade de separação S, através da tubulação 1c.

A corrente rica em hidrocarboneto a ser liquefeita, em seguida é levada através da tubulação 1d, para um terceiro trocador de calor E3, e dentro deste é liquefeita e super-refrigerada contra a corrente de mistura de agentes de refrigeração 4b que evapora, do terceiro circuito de refrigeração 4a até 4c.

Em seguida o produto líquido super-refrigerado é levado através da tubulação 1e, para sua utilização posterior e/ou armazenamento (intermediário).

Como já mencionado, no caso de ambos os circuitos de mistura de agentes de refrigeração 2a até 2c e 3a até 3c, que servem para a pré-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto, trata-se cada vez de circuitos de mistura de agentes de refrigeração de um só estágio.

5 As misturas de agentes de refrigeração, comprimidas no respectivo compressor de circuito V2 ou V3, respectivamente, são levadas através da tubulação 2a ou 3a, respectivamente, através do trocador de calor E1, no caso do primeiro circuito de mistura de agentes de refrigeração ou, respectivamente, através de ambos os trocadores de calor E1 e E2, no caso do se-
10 gundo circuito de mistura de agentes de refrigeração. Depois da relaxação ocorrida na válvula de relaxação a ou b, respectivamente, a corrente de mistura de agentes de refrigeração é evaporada no trocador de calor E1 ou E2, respectivamente, contra correntes de processo a serem refrigeradas, e em seguida são outra vez levadas através da tubulação 2c e 3c, respectivamen-
15 te, para os compressores de circuito V2 e V3, respectivamente.

O mesmo vale para o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração, no qual a mistura de agentes de refrigeração comprimida 4a, depois do esfriamento ocorrido nos trocadores de calor E1, E2 e E3, é levada através da tubulação 4b, para um dispositivo de expansão c, é expandida
20 neste, em seguida é evaporada no trocador de calor E3, contra correntes de processo a serem esfriadas, e então é levada através da tubulação 4c, para a entrada do estágio do compressor de pressão baixa V4, depois do qual está ligado o estágio de compressor de alta pressão V4'.

A elevação da pressão de operação assim como da densidade
25 do gás da segunda corrente parcial de mistura de agentes de refrigeração 3a até 3c, utilizada para a pré-refrigeração, estimula a utilização de trocadores de calor enrolados, nos quais a mistura de agentes de refrigeração evapora no lado do invólucro, para o trocador de calor E2. No caso de processos de liquefação de acordo com o gênero, que fazem parte do estado da técnica,
30 até agora frequentemente não podem ser utilizados trocadores de calor enrolados deste gênero, uma vez que estes seriam grandes demais em termos de construção, no entanto, em regra são limitados os diâmetros máximos

admissíveis em virtude de medidas de fabricação e de transporte.

Na figura não são representados os refrigeradores e trocadores de calor, respectivamente, ligados depois dos compressores V2, V3, V4 e V4', dentro dos quais é refrigerada a mistura de agentes de refrigeração contra um meio de refrigeração, por exemplo, água ou ar, e é condensada no caso do primeiro circuito de mistura de agentes de refrigeração 2a até 2c. A mistura de agentes de refrigeração do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração, em regra é parcialmente condensada depois da compressão pelo menos contra um meio de refrigeração, por exemplo, água ou ar.

De acordo com outros aperfeiçoamentos vantajosos do processo de acordo com a invenção, o consumo de energia dos compressores V2 e V3, do primeiro e do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração 2a – 2b e 3a – 3b, pode ser projetado de maneira idêntica ou de maneira em essência idêntica em relação ao consumo de energia dos compressores V4 e V4', do terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios 4a – 4b. Neste caso, de preferência todos compressores V2, V3, V4 e V4', dos circuitos de mistura de agentes de refrigeração 2a – 2b, 3a -3b e 4a – 4b, apresentam um consumo de energia idêntico ou em essência idêntico.

No caso deste aperfeiçoamento do processo de acordo com a invenção, podem ser previstos dois acionamentos idênticos, sendo que um acionamento está alocado aos compressores V2 e V3, e um acionamento aos compressores V4 e V4', ou quatro acionamentos idênticos, os quais acionam cada vez um dos compressores V2, V3, V4 e V4', respectivamente.

Sob a seqüência de termos "em essência idêntico" devem ser entendidos consumos de energia, que não se distinguem uns dos outros em mais que +/-2%.

Alternativamente em relação ao aperfeiçoamento acima descrito do processo de acordo com a invenção, o consumo de energia dos compressores V2 e V3, do primeiro e do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração 2a – 2b e 3a – 3b, pode ser projetado de maneira idêntica ou em essência idêntica em relação ao consumo de energia de cada um de

ambos os compressores V4 e V4', do terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios 4a – 4b. No caso deste aperfeiçoamento do processo de acordo com a invenção, utilizam-se de preferência três acionamentos idênticos A2/3, A4 e A4', sendo que o acionamento A2/3, é alocado aos compressores V2 e V3, e os acionamentos A4 e A4', estão alocados aos compressores V4 e V4', respectivamente.

Sobretudo no caso de uma disponibilidade escalonada de acionamentos grandes, especialmente turbinas a gás, pode ser atendida desta maneira uma grande variedade de tamanhos de instalações. A alternativa ultimamente mencionada, acima descrita, presta-se especialmente no caso de meios de refrigeração frios, uma vez que neste caso é reduzida a necessidade de energia da pré-refrigeração.

Os aperfeiçoamentos acima descritos do processo de acordo com a invenção, apresentam desta maneira especialmente a vantagem, que podem ser utilizados, com respeito a sua potência, acionamentos idênticos ou em essência idênticos, respectivamente, A2/3, A4 e A4'.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, especialmente uma corrente de gás natural, sendo que a liquefação da corrente rica em hidrocarboneto se realiza contra uma cascata de circuito de mistura de agentes de refrigeração, consistindo em três circuitos de mistura de agentes de refrigeração, caracterizado pelo fato,
- 5 de o primeiro e o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b, 3a – 3b), servirem para a pré-refrigeração, e o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração (4a – 4b), para a liquefação e a super-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto.
- 10 2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato, de o primeiro e/ou o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b, 3a – 3b), serem projetados como circuitos de mistura de agentes de refrigeração de um só estágio.
- 15 3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato,
- de o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração (4a – 4b), ser projetado como circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios.
- 20 4. Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato,
- de o consumo de energia dos compressores (V2 e V3), do primeiro e do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b e 3a – 3b), ser idêntico ou em essência idêntico em relação ao consumo de energia dos compressores (V4 e V4'), do terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios (4a – 4b).
- 25 5. Processo de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato, de todos os compressores (V2, V3, V4, V4'), dos circuitos de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b, 3a – 3b, 4a – 4b), apresentarem um consumo de energia idêntico ou em essência idêntico.
- 30 6. Processo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo

fato, de o consumo de energia dos compressores (V2 e V3), do primeiro e do segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b e 3a – 3b), ser idêntico ou em essência idêntico em relação ao consumo de energia de cada um de ambos os compressores (V4, V4'), do terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios (4a – 4b).

5 7. Processo de acordo com uma das reivindicações anteriores 1 a 6, caracterizado pelo fato, de como acionamentos (A2/3, A4, A4'), para os compressores (V2, V3, V4, V4'), se utilizarem como acionamentos (A2/3, A4, A4'), turbinas a gás, turbinas a vapor e/ou motores elétricos.

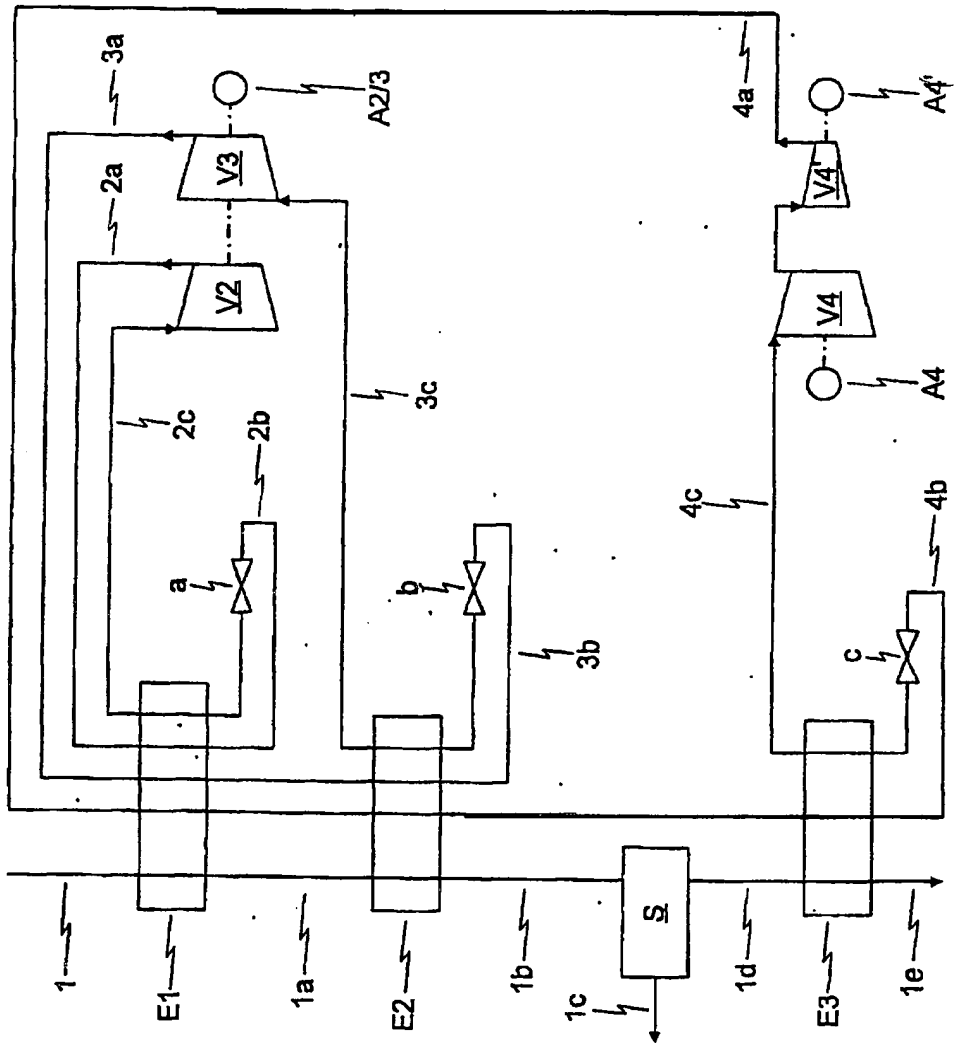


Fig.1

RESUMO

Patente de Invenção: "**PROCESSO PARA A LIQUEFAÇÃO DE UMA CORRENTE RICA EM HIDROCARBONETO**".

A presente invenção refere-se a um processo para a liquefação de uma corrente rica em hidrocarboneto, especialmente uma corrente de gás natural, sendo que a liquefação da corrente rica em hidrocarboneto se realiza contra uma cascata de circuito de mistura de agentes de refrigeração, consistindo em três circuitos de mistura de agentes de refrigeração. De acordo com a invenção, o primeiro e o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b, 3a – 3b), servem para a pré-refrigeração, e o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração (4a – 4b), para a liquefação e a super-refrigeração da corrente rica em hidrocarboneto. Neste caso, o primeiro e/ou o segundo circuito de mistura de agentes de refrigeração (2a – 2b, 3a – 3b), são projetados de preferência como circuitos de mistura de agentes de refrigeração de um só estágio, enquanto o terceiro circuito de mistura de agentes de refrigeração (4a – 4b), é projetado de preferência como circuito de mistura de agentes de refrigeração de dois estágios.