



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

Prediseño y simulación de un proceso de desulfuración de derivados del petróleo mediante aminas empleando Pro-II

Autora: Nayara Aguilar Negrín.

Titulación: Grado en Ingeniería Química Industrial.

Centro: Escuela de Ingeniería Industriales y Civiles.

Curso académico: 2018/2019.

Prediseño y simulación de un proceso de desulfuración de derivados del petróleo mediante aminas empleando Pro-II

Autora: Dña. Nayara Aguilar Negrín

Tutor: D. Juan José Santana Rodríguez

“Gayara”

ÍNDICE DE CONTENIDO

MEMORIA DESCRIPTIVA

| | |
|--|----|
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | |
| 1.1. Resumen | 1 |
| 1.2. Introducción..... | 1 |
| 1.3. Conclusión..... | 10 |
| 2. <u>ESTUDIO DE MERCADO</u> | |
| 2.1. Resumen | 11 |
| 2.2. Introducción..... | 11 |
| 2.3. El petróleo y sus derivados en Canarias | 16 |
| 2.4. Necesidad de desulfuración en Canarias y localización de la planta..... | 19 |
| 2.5. Metil-dietano-amina (MDEA) | 19 |
| 3. <u>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DE EQUIPOS</u> | |
| 3.1. Resumen | 21 |
| 3.2. Introducción..... | 21 |
| 3.3. Columna de absorción D-101 | 23 |
| 3.4. Válvula de presión K-101 | 25 |
| 3.5. Flash V-101..... | 25 |
| 3.6. Intercambiadores de calor..... | 26 |
| 3.6.1. <i>Intercambiador de calor E-101</i> | 26 |
| 3.6.2. <i>Intercambiador de calor E-102</i> | 27 |
| 3.6.3. <i>Intercambiador de calor E-103</i> | 27 |
| 3.7. Mezcladores | 28 |
| 3.7.1. <i>Mezclador M-101</i> | 28 |
| 3.7.2. <i>Mezclador M-102</i> | 28 |
| 3.8. Bomba L-101 A/B..... | 29 |
| 3.9. Columna de destilación D-102..... | 30 |

SIMULACIÓN DEL PROCESO

| | |
|---|----|
| 4. <u>SIMULACIÓN DEL PROCESO CON PRO-II</u> | |
| 4.1. Resumen | 32 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 4.2. | Pro-II | 32 |
| 4.3. | Descripción de la simulación | 32 |
| 4.3.1. | <i>Añadir compuestos químicos</i> | 33 |
| 4.3.2. | <i>Selección del paquete termodinámico</i> | 34 |
| 4.3.3. | <i>Definición de las corrientes</i> | 36 |
| 4.3.4. | <i>Válvula de presión K-101</i> | 39 |
| 4.3.5. | <i>Flash V-101</i> | 40 |
| 4.3.6. | <i>Intercambiadores de calor</i> | 42 |
| 4.3.6.1. | Intercambiador de calor E-101 | 42 |
| 4.3.6.2. | Intercambiador de calor E-102 | 43 |
| 4.3.6.3. | Intercambiador de calor E-103 | 44 |
| 4.3.7. | <i>Mezcladores</i> | 45 |
| 4.3.7.1. | Mezclador M-101 | 45 |
| 4.3.7.2. | Mezclador M-102 | 45 |
| 4.3.8. | <i>Bomba L-101 A/B</i> | 46 |
| 4.3.9. | <i>Columna de absorción D-101</i> | 46 |
| 4.3.10. | <i>Columna de destilación D-102</i> | 50 |
| 4.3.11. | <i>Operadores lógicos</i> | 53 |
| 4.3.11.1. | Calculadora CL-1 | 54 |
| 4.3.11.2. | Calculadora CL-2 | 57 |
| 4.3.11.3. | Calculadora CL-3 | 59 |
| 5. | <u>RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROCESO</u> | |
| 5.1. | Resumen | 62 |
| 5.2. | Resultados de las corrientes | 62 |
| 5.3. | Flash V-101 | 66 |
| 5.4. | Intercambiadores de calor | 66 |
| 5.5. | Bomba L-101 A/B | 67 |
| 5.6. | Columna de absorción D-101 | 67 |
| 5.6.1. | <i>Fracciones molares D-101</i> | 68 |
| 5.7. | Columna de destilación D-102 | 70 |
| 5.7.1. | <i>Fracciones molares D-102</i> | 72 |
| 5.7.2. | Perfil de temperatura D-102 | 75 |
| 6. | <u>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</u> | |
| 6.1. | Resumen | 77 |
| 6.2. | Análisis | 77 |

ANEXO

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 7. | <u>ANEXO 1</u> | |
| 7.1. | Bibliografía | 83 |
| 8. | <u>ANEXO 2</u> | |
| 8.1. | Fórmulas | 84 |
| 9. | <u>ANEXO 3</u> | |
| 9.1. | Conceptos | 85 |
| 10. | <u>ANEXO 4</u> | |
| 10.1. | Informe generado por el Pro-II..... | 87 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 1: Ventajas y desventajas de los diferentes procesos de desulfuración</i> | 9 |
| <i>Tabla 2: Precio medio del gasoil en España.[Conferencia Española de Transporte de Mercancías]</i> | 16 |
| <i>Tabla 3: Suministros al mercado interior de Canarias, por islas y uso (2017)</i> | 18 |
| <i>Tabla 4: Suministros a la navegación en Canarias, por islas y uso (2017)</i> | 18 |
| <i>Tabla 5: Principales propiedades de la MDEA</i> | 20 |
| <i>Tabla 6: Composición del gasoil ligero</i> | 22 |
| <i>Tabla 7: Datos D-101.</i> | 24 |
| <i>Tabla 8: Datos de las corrientes de D-101</i> | 24 |
| <i>Tabla 9: Datos de K-101.</i> | 25 |
| <i>Tabla 10: Datos de las corrientes de K-101</i> | 25 |
| <i>Tabla 11: Datos V-101</i> | 25 |
| <i>Tabla 12: Datos de las corrientes de V-101</i> | 26 |
| <i>Tabla 13: Datos de E-101</i> | 26 |
| <i>Tabla 14: Datos de las corrientes de E-101</i> | 26 |
| <i>Tabla 15: Datos de E-102</i> | 27 |
| <i>Tabla 16: Datos de las corrientes de E-102</i> | 27 |
| <i>Tabla 17: Datos de E-103</i> | 27 |
| <i>Tabla 18: Datos de las corrientes de E-103</i> | 28 |
| <i>Tabla 19: Datos de M-101</i> | 28 |
| <i>Tabla 20: Datos de las corrientes de M-101</i> | 28 |
| <i>Tabla 21: Datos de M-102</i> | 29 |
| <i>Tabla 22: Datos de las corrientes de M-102</i> | 29 |
| <i>Tabla 23: Datos de L-101</i> | 29 |
| <i>Tabla 24: Datos de las corrientes de L-101</i> | 29 |
| <i>Tabla 25: Datos D-102</i> | 30 |
| <i>Tabla 26: Datos de las corrientes de D-102</i> | 31 |
| <i>Tabla 27: Recomendaciones para el paquete termodinámico de aminas</i> | 35 |
| <i>Tabla 28: Resultado molar de las corrientes</i> | 63 |
| <i>Tabla 29: Resultado másico de las corrientes. (1)</i> | 64 |
| <i>Tabla 30: Resultado másico de las corrientes. (2)</i> | 65 |
| <i>Tabla 31: Resultados de V-101</i> | 66 |
| <i>Tabla 32: Resultados de los intercambiadores de calor</i> | 66 |
| <i>Tabla 33: Resultados de L-101</i> | 67 |
| <i>Tabla 34: Resultados de D-101</i> | 67 |
| <i>Tabla 35: Fracción molar de vapor por plato en D-101</i> | 68 |
| <i>Tabla 36: Fracción molar de líquido en D-101</i> | 69 |
| <i>Tabla 37: Resultados de D-102. (1)</i> | 70 |
| <i>Tabla 38: Resultados de D-102. (2)</i> | 71 |
| <i>Tabla 39: Concentración de vapor por plato en D-102.(1)</i> | 72 |
| <i>Tabla 40: Concentración de vapor por plato en D-102. (2)</i> | 72 |
| <i>Tabla 41: Concentración de líquido por plato en D-102. (1)</i> | 73 |
| <i>Tabla 42: Concentración de líquido por plato en D-102. (2)</i> | 74 |
| <i>Tabla 43: Temperatura de cada plato en D-102</i> | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1: Productos derivados del petróleo según su intervalo de destilación y el número de átomos de carbono. [Wauquier]</i> | 3 |
| <i>Figura 2: Vía enzimática de Kodama con dibenzotiofeno. [Chandra-Srivastava]</i> | 7 |
| <i>Figura 3: Vía "4s" de desulfuración biológica de DBT y sus derivados</i> | 8 |
| <i>Figura 4: Reservas mundiales de petróleo 2017. [OPEP]</i> | 12 |
| <i>Figura 5: Producción de petróleo en Arabia Saudí y Estados Unidos, en millones de toneladas Mt</i> | 13 |
| <i>Figura 6: Producción de petróleo por países, en millones de toneladas Mt [Enerdata]</i> | 13 |
| <i>Figura 7: Producción de petróleo por año, en millones de toneladas Mt</i> | 14 |
| <i>Figura 8: Producción de petróleo mundial por años, en millones de toneladas Mt</i> | 14 |
| <i>Figura 9: Millones de toneladas (Mt) de petróleo que entran a las refinerías españolas por años.</i> | 15 |
| <i>Figura 10: Importaciones de hidrocarburos en Canarias (2017)</i> | 17 |
| <i>Figura 11: Diagrama de flujo del proceso de desulfuración de un gasoil ligero.</i> | 21 |
| <i>Figura 12: Primera ventana al ejecutar el programa</i> | 33 |
| <i>Figura 13: Ventana de selección de componentes</i> | 34 |
| <i>Figura 14: Selección del paquete termodinámico AMINE</i> | 36 |
| <i>Figura 15: Primera especificación de la corriente</i> | 37 |
| <i>Figura 16: Ilustración 5: Flujo y composiciones de la corriente</i> | 38 |
| <i>Figura 17: Segunda especificación de la corriente</i> | 39 |
| <i>Figura 18: Ventana de especificaciones de la válvula de presión</i> | 40 |
| <i>Figura 19: Ventana de especificación del flash</i> | 41 |
| <i>Figura 20: Especificación de fases de los productos del flash</i> | 41 |
| <i>Figura 21: Ventana intercambiador de calor</i> | 42 |
| <i>Figura 22: Ventana de corrientes intercambiador de calor</i> | 43 |
| <i>Figura 23: Ventana de selección de especificaciones del intercambiador de calor</i> | 43 |
| <i>Figura 24: Ventana de especificación del E-102</i> | 44 |
| <i>Figura 25: Ventana de especificación del E-103</i> | 44 |
| <i>Figura 26: Ventana de especificación de M-101</i> | 45 |
| <i>Figura 27: Ventana de M-102</i> | 46 |
| <i>Figura 28: Ventana de especificación de la bomba</i> | 46 |
| <i>Figura 29: Primera ventana de la columna de absorción</i> | 47 |
| <i>Figura 30: Ventana de selección de eficiencia</i> | 48 |
| <i>Figura 31: Ventana de especificación de la presión D-101</i> | 48 |
| <i>Figura 32: Ventana de especificación de corrientes de alimentación y producto en D-101</i> | 49 |
| <i>Figura 33: Ventana de Convergence Data de D-101</i> | 49 |
| <i>Figura 34: Ventana principal de especificaciones de la D-102</i> | 50 |
| <i>Figura 35: Especificación de la presión de D-102</i> | 51 |
| <i>Figura 36: Ventana de especificación de corrientes de alimentación y producto en D-102</i> | 51 |
| <i>Figura 37: Ventana de definición del condensador de D-102</i> | 52 |
| <i>Figura 38: Otras especificaciones de la D-102</i> | 53 |
| <i>Figura 39: Ventana principal de la calculadora.</i> | 54 |
| <i>Figura 40: Ventana de CL-1</i> | 55 |

| | |
|--|----|
| <i>Figura 41:Ventana de selección de corrientes CL-1</i> | 57 |
| <i>Figura 42:Ventana de CL-2</i> | 58 |
| <i>Figura 43:Ventana de CL-3</i> | 60 |
| <i>Figura 44: Ventana de Stream Property Table</i> | 62 |
| <i>Figura 45:Fracción molar de la columna de absorción por platos</i> | 68 |
| <i>Figura 46: Fracción molar de líquido de la columna de absorción por platos</i> | 69 |
| <i>Figura 47:Fracción molar de vapor de la columna de destilación por platos</i> | 73 |
| <i>Figura 48:Fracción molar de líquido de la columna de destilación por platos</i> | 74 |
| <i>Figura 49:Temperaturas en cada plato de D-102</i> | 75 |
| <i>Figura 50: Diagrama de flujo resultante de la simulación en Pro-II</i> | 76 |
| <i>Figura 51: Fracción molar de vapor de algunos compuesto en D-101</i> | 79 |
| <i>Figura 52:Fracción molar de líquido de algunos compuesto en D-101</i> | 80 |
| <i>Figura 53:Fracción molar de vapor de algunos compuesto en D-102</i> | 81 |
| <i>Figura 54:Fracción molar de líquido de algunos compuesto en D-102</i> | 82 |

Introducción

1. DESULFURACIÓN

1.1. Resumen

En este capítulo se introduce el objeto del presente proyecto y los aspectos más relevantes relacionados con él. Se define brevemente qué es el petróleo y sus derivados y se abordan normativas que contemplan los compuestos azufrados centrándose específicamente en el gasoil ligero.

Se explicarán distintos procesos industriales de desulfuración del gasoil ligero, entre los que se encuentran la hidrodesulfuración, la desulfuración oxidativa, la biodesulfuración o la desulfuración por adsorción o absorción, justificándose el proceso seleccionado.

1.2. Introducción

El petróleo crudo es la materia prima principal de la industria de refino del petróleo. Está constituido por una mezcla de diferentes tipos de hidrocarburos, cuyas moléculas se componen de carbono e hidrógeno, con un pequeño porcentaje de otros elementos conformando hidrocarburos de estructuras más o menos complejas como compuestos heterocíclicos de nitrógeno, oxígeno y azufre, compuestos órgano metálicos, además contiene sedimentos inorgánicos y agua.

El origen del crudo es un dilema que aún sigue abierto en la actualidad. Según una de las teorías, es de tipo orgánico formado por los residuos de antiguos seres vivos. Estos residuos están sometidos a condiciones de temperatura y presión, que, junto a la acción bacteriana, dan lugar a los hidrocarburos. Sin embargo, existen otro tipo de teorías que afirman que el origen del petróleo es inorgánico, como puede ser la *Teoría de los carburos metálicos* que afirma que se produce por la actividad tectónica de la roca sedimentaria que hace reaccionar los carburos metálicos con agua a alta presión y temperatura.

Se han identificado alrededor de 600 tipos distintos de hidrocarburos en el petróleo entre los que se pueden diferenciar hidrocarburos aromáticos, parafínicos y naftenos, entre otros.

- a) Hidrocarburos alifáticos saturados, alcanos o parafinas.

Son cadenas de átomos de carbonos, ligados a cuatro átomos de hidrógeno. Si la cadena es recta se denomina parafinas normales o n-alcanos. En el caso de que los átomos de hidrógeno sean sustituidos por carbonos o cadenas hidrocarbonadas, se denominarán isoparafinas o isoalcanos.

- b) Hidrocarburos cíclicos saturados, cicloalcanos o naftenos.

Estos hidrocarburos tienen forma de anillos con número de átomos de carbonos variables. En el petróleo, los anillos más frecuentes son los formados por cinco o seis átomos de carbono.

c) Hidrocarburos aromáticos.

Se caracterizan por contener uno o más ciclos con tres enlaces dobles, por lo que se le denomina hidrocarburos cíclicos poliinsaturados.

Los átomos de hidrógeno se pueden sustituir por: radicales alquilo, formando alquil aromáticos, otros hidrocarburos aromáticos u otro anillo.

Las características físico-químicas del petróleo son muy variables, incluso cuando proceden del mismo yacimiento. La densidad de un crudo se expresa en grados API (*American Petroleum Institute*) y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{\frac{\text{Densidad relativa estándar a } 60^{\circ}F}{60^{\circ}F}} - 131,5 \quad (1.1)$$

Normalmente, la densidad se suele encontrar entre 5 y 70 °API.

El petróleo crudo no tiene aplicación industrial, debe llevar un proceso de tratamiento en el que se separa en diferentes productos: gases ligeros, nafta, queroseno, gasoil ligero (que es el que interesa en este proyecto) y pesado, aceites y asfalto.

La Figura 1 muestra los distintos tipos de productos en función del número medio de átomos de carbono que lo componen y su intervalo de destilación. Los gases licuados son los primeros que se destilan a temperaturas muy bajas, seguidos de las naftas, *white spirit**, y las gasolinas. El fuel-oil y el gasóleo se sitúan en medio con temperaturas entre 200 y 400 °C, además, contienen un alto contenido de átomos de carbono. Los que mayor número de átomos del carbono contienen son los fueles pesados, los asfaltos, las ceras y los aceites base, que, a su vez, su temperatura de destilación es muy alta, desde los 400 hasta los 600 °C.

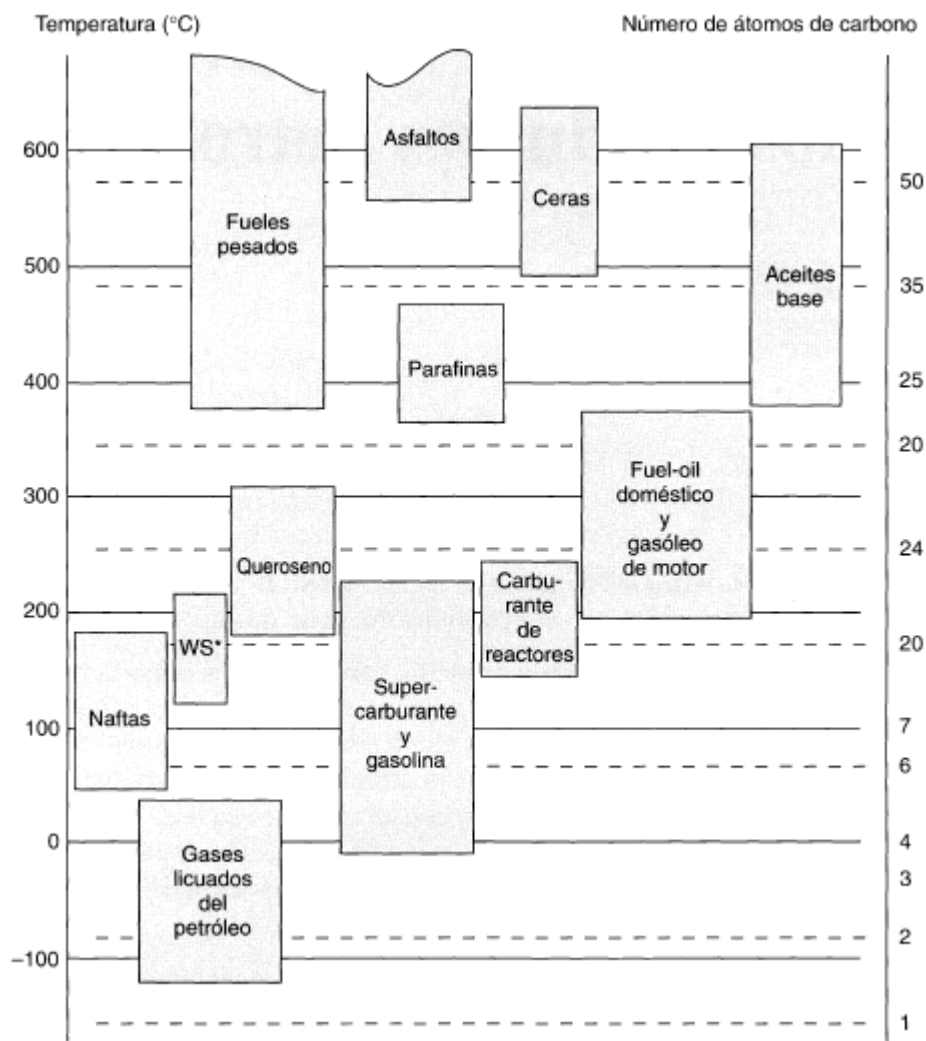


Figura 1: Productos derivados del petróleo según su intervalo de destilación y el número de átomos de carbono. [Wauquier]

En su caso, el gasoil ligero se utiliza, como combustible de diferentes sistemas de automoción o calefacción. Según el Real Decreto 61/2006, del 31 de enero, existen distintas clases de gasóleo dependiendo del uso que se le vaya a dar. Se pueden diferenciar:

- Clase A: son los gasóleos de automoción, destinado a la utilización en vehículos con motor diesel.
- Clase B: gasóleos para usos agrícolas y marítimos.
- Clase C: gasóleos para calefacción.

Esta normativa, contiene un apartado en el que se aclara que no se podrá utilizar un gasóleo que supere el 0,10 % en masa de azufre dentro del territorio español, con excepción de las de uso marítimo, maquinaria móvil distinta de la de carretera y tractores agrícolas.

Es por ello, que al gasoil ligero una vez se destila, hay que someterle a varios procesos entre los que se encuentran el de la desulfuración. Uno de los compuestos sulfurados que contiene en mayor proporción es el ácido sulfhídrico (H_2S).

El H_2S es un compuesto que se caracteriza por su alta toxicidad. Es capaz de ser mortal con una exposición superior a 5 minutos, además, en los vegetales, afecta de forma que reduce su crecimiento y rendimiento. Es por ello por lo que sus emisiones están limitadas por la legislación. Según el artículo 9 de la Ley 34/2007, las concentraciones de ácido sulfhídrico deben ser inferiores a:

- 100 $\mu g/m^3$ de media en tomas de 30 minutos.
- 40 $\mu g/m^3$ de media en tomas de 24 horas.

Los compuestos sulfurados que se encuentran en el combustible están presentes en la reacción de oxidación y hace que pasen a convertirse en óxidos de azufre, que contribuyen en la formación de la lluvia ácida. Además, pueden afectar en tratamientos posteriores al rendimiento de catalizadores, enzimas...

Estas son algunas de las razones por las que es imprescindible realizar un proceso de desulfuración. A lo largo de los años, se han estudiado diferentes métodos de desulfuración, entre las que se encuentran, por ejemplo, la hidrodesulfuración, la desulfuración oxidativa, la desulfuración por adsorción y absorción, la biodesulfuración.

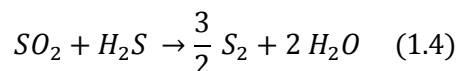
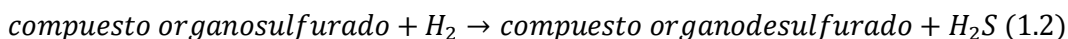
a) **La hidrodesulfuración (HDS)**

La hidrodesulfuración (HDS) es una de las técnicas más utilizadas, aunque se intentan buscar otras alternativas por su elevado coste. Se basa en un proceso catalítico a altas temperaturas y también con altas presiones. Se añade hidrógeno al combustible para convertir los compuestos sulfurados en H_2S y los compuestos orgánicos en azufre elemental. A su vez, el H_2S , debe ser tratado para convertirlo en azufre elemental mediante el proceso modificado de Claus.

Se suelen utilizar reactores de lecho por goteo, cuya temperatura está entre los 300 y 450 °C y presiones entre 3 y 5 MPa. Se utilizan como catalizadores $CoMo/Al_2O_3$ o $NiMo/Al_2O_3$, aunque se ha comprobado que el rendimiento es tres veces mayor con el catalizador de $NiMo/Al_2O_3$.

La HDS se puede llevar a cabo por medio de dos mecanismos de reacción. El primer mecanismo es el de hidrogenosis (DDS), en el que se elimina el azufre sin estimular los anillos aromáticos. Por otro lado, está el mecanismo de hidrogenación (HYD), donde los anillos aromáticos compuestos de dibenzotiofeno (DBT), se hidrogenan hasta 4H-DBT o 6H-DBT y luego se lleva a un proceso de eliminación del azufre.

El HYD es más rápido cuando hay concentraciones altas de H₂S y/o de H₂, por lo tanto, el catalizador estará más activo. Es por lo que se afirma que éste es el mejor método si se desea una mayor desulfuración. Sin los anillos aromáticos, las moléculas de azufre se vuelven mucho más flexibles y cuando se acerca a la superficie del catalizador, se elimina con facilidad. Las reacciones que se llevarían a cabo serían:



Se entiende, por lo tanto, que el compuesto organosulfurado se desulfura convirtiendo su compuesto de azufre en H₂S que, a su vez, se oxigena para convertirlo en dióxido de azufre y agua. Para obtener azufre elemental, el SO₂ anterior se mezcla con más H₂S, que, además, con esta reacción, también se forma agua.

b) **La desulfuración oxidativa (ODS)**

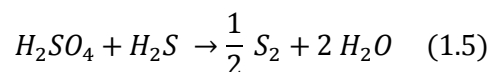
La desulfuración oxidativa (ODS) se basa en añadir uno o dos átomos de oxígeno sin que se rompan los enlaces de carbono-azufre produciendo sulfoxido y sulfona. Este proceso tiene la ventaja de que se realiza a temperaturas relativamente bajas y a presión atmosférica. Sin embargo, se lleva a cabo en dos etapas: la primera, como se ha nombrado anteriormente, sería la fase de oxidación; la segunda etapa es la extracción líquido-líquido, con el fin de eliminar los compuestos sulfurados.

Cabe destacar, que existen diferentes formas de llevar a cabo este proceso oxidativo, según el agente oxidante que se utilice.

Si se utiliza el NO₂ como oxidante, se realizaría a temperaturas alrededor de los 140 °C y se podría llegar a una conversión global del 70% convirtiendo los compuestos azufrados en sulfonas. El lado negativo de esta técnica es que se producen muchos subproductos indeseables debido a que la reacción no es muy selectiva. Otro problema es que la reacción puede darse de forma muy rápida que conlleva a la posibilidad de explosión.

También se podrían emplear ácidos orgánicos peróxidos (fórmico, acético...) y ácidos peroxisulfúricos a temperaturas entre 35 y 52 °C y presiones cerca de la atmosférica para tener mayor selectividad con los compuestos de azufre orgánicos. Se comprobó que al añadir K₂FeO₄ en fase acuosa, reaccionaba rápidamente con el agua formando Fe(OH)₃ perdiendo su capacidad de oxidación, pero sin embargo, si se añadía ácido acético y catalizador, la oxidación aumentaba. Las conversiones serán del 98,4% para benzotiofeno y del 70,1% para dibenzotiofeno.

Por otro lado, el H_2SO_4 no se considera oxidante, pero en presencia de átomos de azufre con estados de oxidación menores, como es el caso de los sulfuros, se reduce a sulfatos. La reacción entre el ácido sulfhídrico y el ácido sulfúrico se produce de forma rápida generando azufre elemental:



Uno de los oxidantes que más común es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), además, es respetuoso con el medioambiente. Ha sido estudiado con varios sistemas catalíticos, por ejemplo: $HCOOH$, CCl_3COOH ...

Uno de los principales problemas es que no se dispone de suficiente H_2O_2 , aunque sería un buen método, por ejemplo, si se crea un sistema catalítico con $NaWO_4$, 30% H_2O_2 y CH_3COOH , ya que resulta una conversión a sulfonas del 100% en menos de una hora y con una temperatura de alrededor de los 70 °C.

Además, existe otro tipo de métodos, como la radiación asistida, que se basa en técnicas de irradiación para reducir los compuestos de azufre. Se utilizan reacciones de hidrogenación inducidas por radiación en las que el H_2 resulta de la destrucción de hidrocarburos. Se completa con técnicas de radiación desarrolladas para la extracción de H_2S gaseoso. Otro métodos sería la foto-oxidación, que se basa en la eliminación de la fase orgánica con foto-descomposición por ultravioleta y el resto de compuestos en fase de acetonitrilo o agua.

c) **La biodesulfuración (BDS)**

La biodesulfuración (BDS) es un proceso que se está estudiando mucho en los últimos años debido a que se le denomina proceso verde, es decir, que es respetuoso con el medioambiente.

Se basa en la utilización de especies bacterianas que son capaces de biotransformar los dibenzotiofeno o crecer en ellos como una única fuente de azufre. Algunas de estas bacterias son: *arthrobacter*, *brevibacterium*, *pseudomonas*, *godona* o *rhodococcus spp*. Ésta última metaboliza al azufre reduciendo su contenido siete veces en al menos 24 horas.

Existen tres formas de metabolizar los organosulfurados: la división reductiva del enlace C-S; la división oxidativa del enlace C-S; y la división oxidativa del enlace C-C.

Este tipo de desulfuración se puede llevar a cabo por dos vías. La primera es la vía Kodama (Figura 2), en la que se realiza un ataque inicial directo a uno de los átomos de carbono. La otra vía es la denominada 4S (Figura 3), donde la catálisis inicial se dirige contra el azufre central.

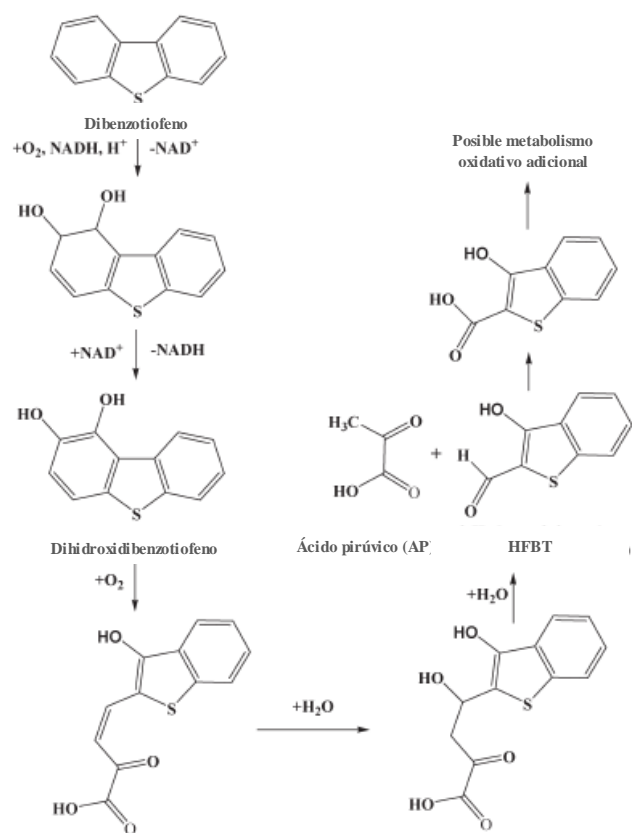


Figura 2: Vía enzimática de Kodama con dibenzotiofeno. [Chandra-Srivastava]

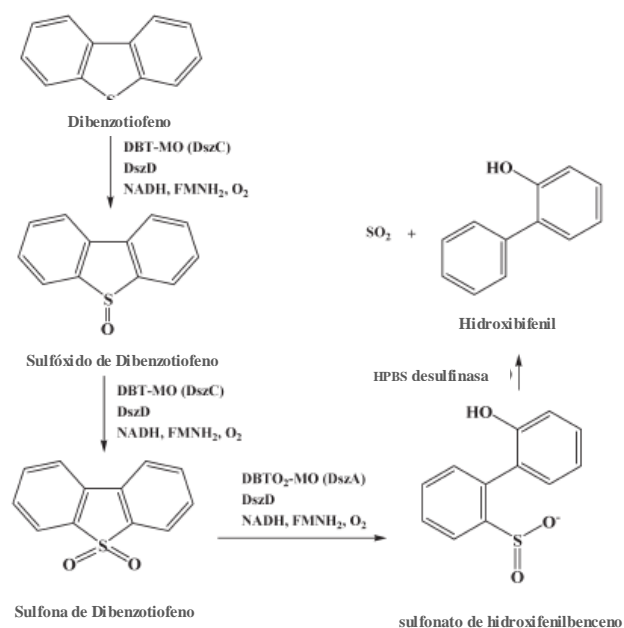


Figura 3: Vía "4s" de desulfuración biológica de DBT y sus derivados

d) La desulfuración por adsorción

También existe la desulfuración por adsorción, en la que se utiliza algún tipo de adsorbente para extraer el azufre. Sin embargo, pocos adsorbentes han demostrado una alta selectividad en los compuestos de azufre difíciles de hidrotreatar. Este tipo de tecnología tiene muchas ventajas como que es una tecnología verde y, por lo tanto, no contamina, además que es fácil de operar, barata y conlleva una desulfuración profunda.

Uno de los adsorbentes podría ser el carbón activado (CA) utilizado a nivel universal y que puede proceder de distintas fuentes ya sea de origen vegetal o mineral. Sin embargo, se ha demostrado que el más efectivo para eliminar los compuestos de azufre es el de la cáscara de coco.

Por otro lado, Sano *et al.* [Chandra-Srivastava] propuso la unión entre el proceso de adsorción y el de HDS para una desulfuración profunda, llevando a cabo el siguiente proceso:

1. Unidad de adsorción con carbón activo para eliminar el nitrógeno y desulfurar.
2. Proceso HDS convencional.
3. Otra unidad de adsorción con carbón activo para eliminar totalmente el nitrógeno que quede y el azufre por debajo de los 10 ppm.

Cuando el lecho de adsorción se satura, se le añade disolvente, como por ejemplo el tolueno, para que se regenere. Además, la adición de metales como el cobre o el hierro aumenta la capacidad y la selectividad de la adsorción y las transformaciones catalíticas en la superficie. Este aumento de

selectividad se debe a las interacciones ácido-base de los tiofenos ligeramente básicos con los grupos de oxígeno ácidos, aunque también puede deberse a una mayor polaridad y a reacciones redox.

e) **La desulfuración por absorción**

Por último, está la desulfuración por absorción, que en lo único que se diferencia de la de adsorción es que el medio absorbente no está en estado sólido. Un ejemplo de este método podría ser el que se realiza con aminas, tales como dietanolamina (DEA) o metil-dietanol-amina (MDEA). La MDEA es una amina mucho más selectiva con el H₂S debido a que reacciona muy lentamente con otros compuestos como el CO₂. El compuesto resultante de la absorción con amina tiene muy poca energía para descomponerse y, por lo tanto, la amina se puede regenerar.

El compuesto a desulfurar y la amina entran en una columna absorbidora donde se ponen en contacto y se produce la reacción (condiciones de presión elevadas y temperaturas bajas). Los dos productos resultantes serán, el producto desulfurado y la amina que contiene el azufre absorbido, que se lleva a una torre de desorción, con las características contrarias a la de absorción, con el fin de regenerar la amina y ahorrar gastos de dicho compuesto en el proceso.

a) **Comparativa entre métodos**

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los diferentes procesos de desulfuración

| Comparativa | | |
|------------------------------------|---|---|
| Método | Ventajas | Desventajas |
| HDS | - Buena eliminación del azufre. | - Costoso. - Requiere altas temperaturas y presiones. |
| ODS | - Bajas temperaturas y presiones atmosféricas. - Conversiones relativamente altas. | - Producción de subproductos indeseados. - Consumo de los oxidantes. - Algunos oxidantes pueden provocar una reacción muy rápida y llegar a ser explosivas. |
| BDS | - Proceso verde. | - Baja degradación de las bacterias. |
| Desulfuración por adsorción | - Proceso verde. - Alta selectividad. | |
| Desulfuración por absorción | - Barato. - Fácil de operar. - Desulfuración profunda. | - |

1.3. Conclusión

La desulfuración ha estado en auge los últimos años por las problemáticas que pueden causar los compuestos azufrados. Se busca la desulfuración ahorrando mayor octanaje.

Las técnicas oxidativas, seguidas de una extracción, pueden ser un proceso adicional al método HDS, con el fin de cumplir las regulaciones ambientales del azufre. Sólo con el HDS no se conseguiría una desulfuración tan profunda, como con la combinación de ambos métodos.

Cabe destacar, que para la ODS no se conocen las condiciones óptimas de trabajo (temperaturas, oxidantes, catalizadores...), y, como se nombró anteriormente, el H_2O_2 es un recurso limitado ya que no se dispone suficientemente.

En cuanto a la biodesulfuración, la degradación de las bacterias no llega a ser profunda, y, por lo tanto, sigue existiendo, aunque en menor medida, compuestos azufrados.

El método principal de desulfuración se podría decir que es el HDS, cuya reacción es de hidrogenación heterogénea y convencional. Sin embargo, el método de absorción es uno de los más comunes, sobre todo, el de desulfuración utilizando aminas. Esto se debe a que el proceso es menos costoso, ya que la amina se regenera, además, es mucho más selectivo con el H_2S , y, por lo tanto, se elimina más fácilmente. Este método no contamina, es fácil y lleva a la desulfuración profunda.

2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. Resumen

Durante este capítulo, se conocerán datos del petróleo como la cantidad de barriles por día que se extraen o la cantidad de perforaciones que se realizan.

Además, las aplicaciones del gasoil ligero en Canarias como principal fuente para la producción de electricidad y para la navegación.

2.2. Introducción

Tal y como se ha explicado en el capítulo 1, el petróleo es un recurso muy demandado ya que se utiliza para un sinnúmero de aplicaciones después de su transformación. Si se lleva a un proceso de separación, se pueden conseguir gasolina, nafta, queroseno, gasóleos, otros combustibles, aceites lubricantes, asfalto... Actualmente, se utilizan productos derivados del petróleo a diario, desde combustible para el coche hasta cualquier plástico, como, por ejemplo, el de una botella de agua.

Hasta ahora se dice que es un recurso limitado, debido a que su formación es un proceso muy largo de cientos de miles de años.

Las reservas de petróleo que existen hoy en día se dividen entre países pertenecientes a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y países que no pertenecen a dicha organización. La mayor concentración de esta materia prima se encuentra principalmente en Venezuela y Arabia Saudí, teniendo entre los dos países casi el 50% de las reservas.

En la Figura 4 se pueden observar las reservas mundiales de petróleo conocidas hasta el año 2017. Los países pertenecientes a la OPEP poseen casi el 83% de estas reservas, debido a que dentro de esta organización se encuentran los dos países con mayor reservas nombrados anteriormente.

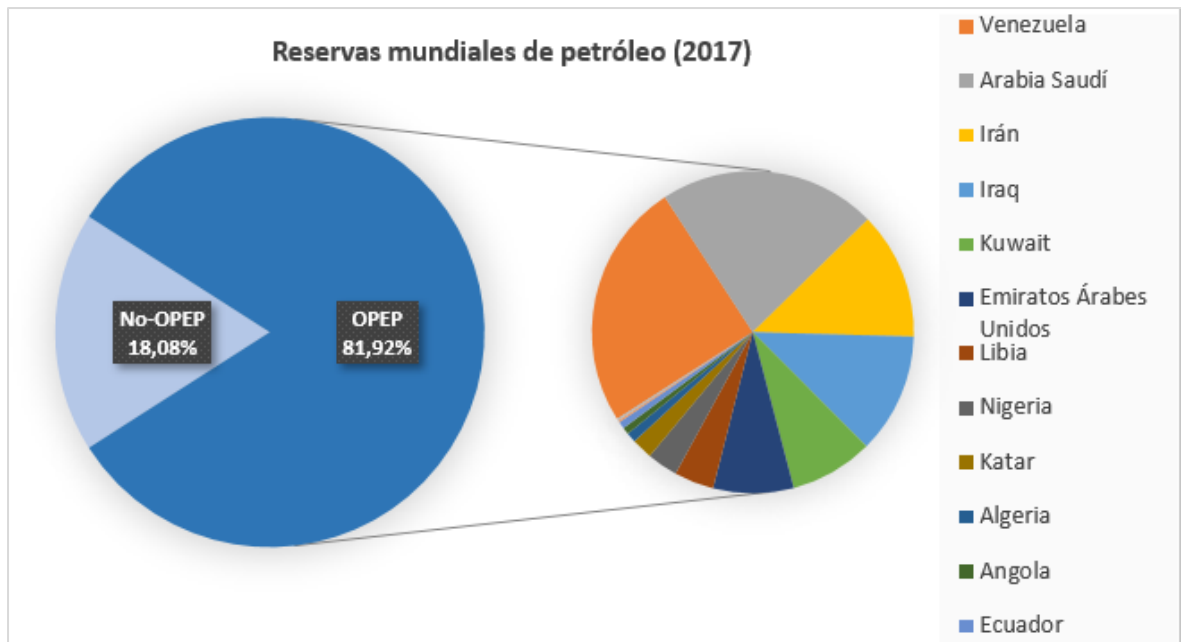


Figura 4:Reservas mundiales de petróleo 2017. [OPEP]

El mayor número de petróleo extraído se encuentra en Estados Unidos y Arabia Saudí. Arabia Saudí siempre había encabezado este ranking hasta hace relativamente poco, cuando Estados Unidos le superó. A comienzos de año, Estados Unidos, sumaba una explotación de 12 millones de barriles al día.

Incluso, si se tiene en cuenta la producción de estos dos países a lo largo de los años, se puede apreciar el inmenso crecimiento en los últimos años en Estados Unidos. En la Figura 5 se puede observar que Estados Unidos superó la producción de Arabia Saudí.

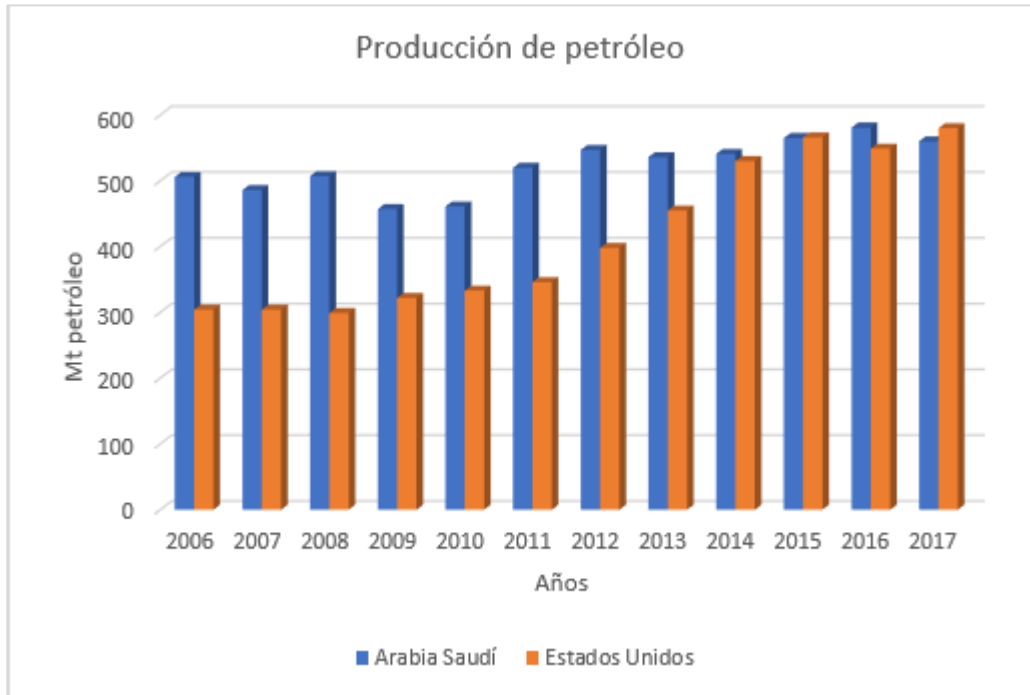


Figura 5: Producción de petróleo en Arabia Saudí y Estados Unidos, en millones de toneladas Mt

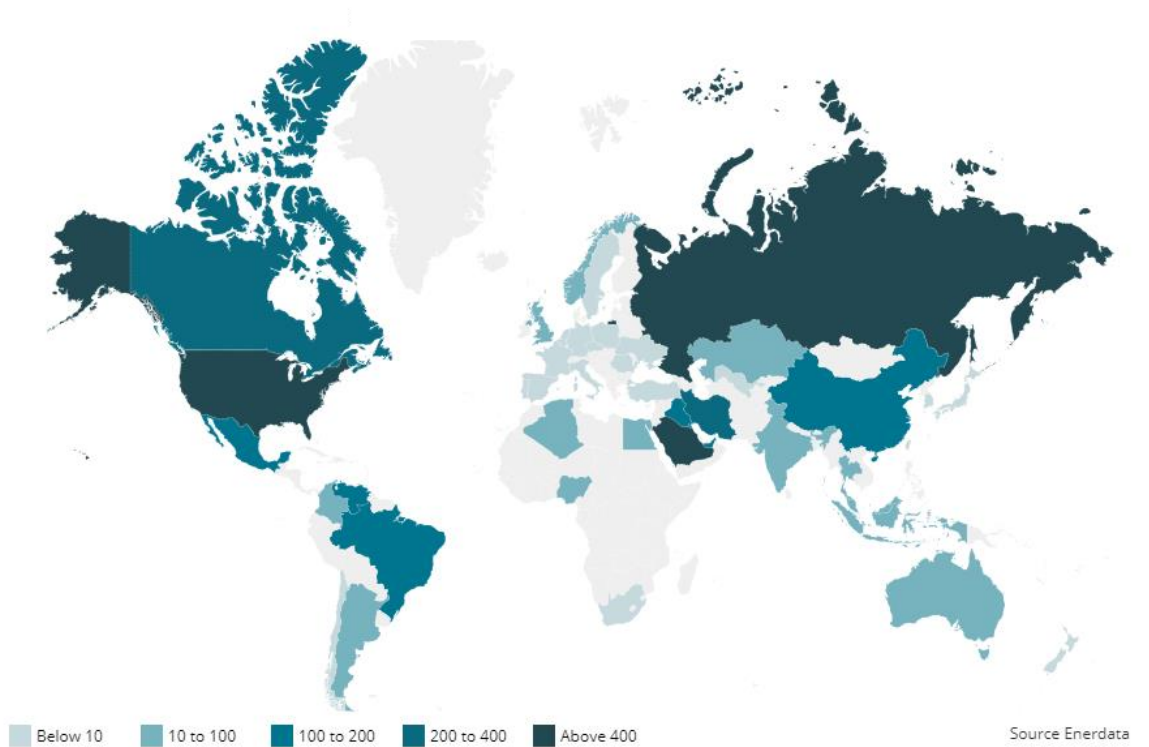


Figura 6: Producción de petróleo por países, en millones de toneladas Mt [Enerdata]

Sin embargo, si se observa la Figura 7 de la producción mundial por conjunto de países o continentes, se puede observar que Oriente Medio sigue siendo el que mayor producción de petróleo crudo genera en megatoneladas (Mt). Además, se observa el crecimiento de la producción de América del Norte. Europa por otro lado, es el continente que menor producción de petróleo genera.

Si se suma la producción de todos los países, tal y como se observa en la Figura 8 se obtiene que, en los años 2015, 2016 y 2017 ésta ha aumentado considerablemente. El mínimo de producción se consiguió en el año 2009.

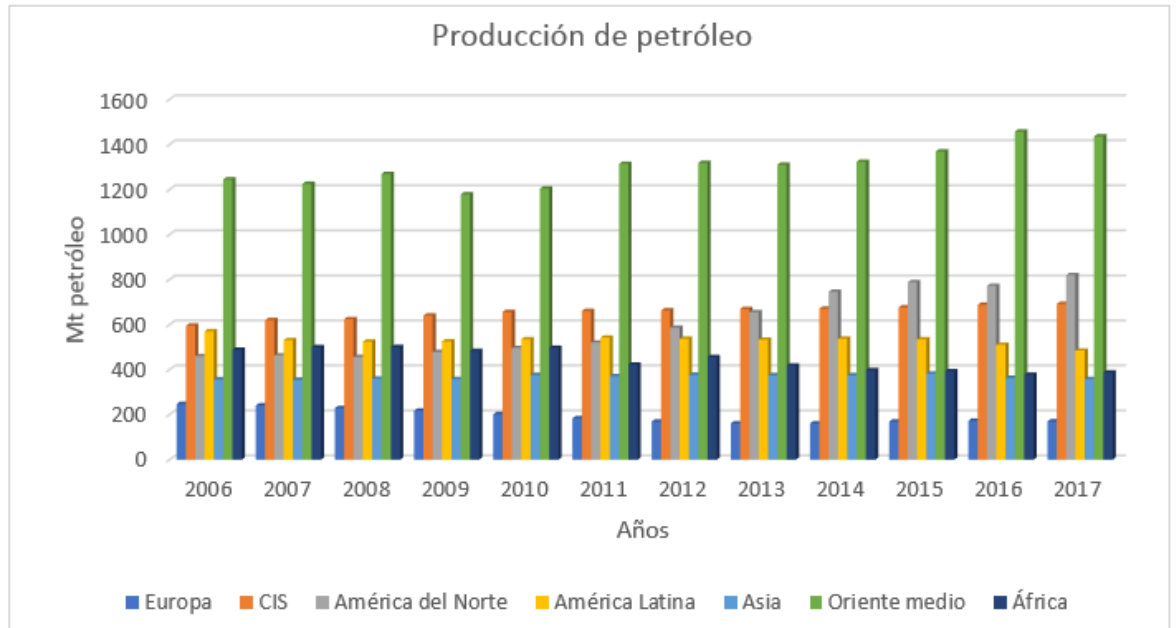


Figura 7: Producción de petróleo por año, en millones de toneladas Mt

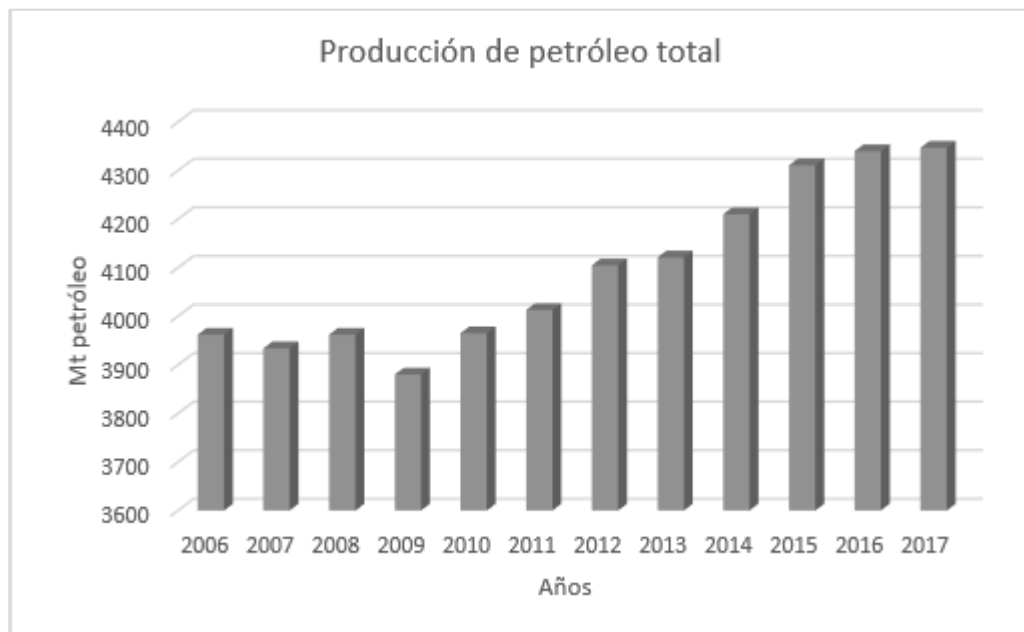


Figura 8: Producción de petróleo mundial por años, en millones de toneladas Mt

La Organización de Países Exportadores de Petróleo y países aliados, acordó una reducción de producción de crudo aproximadamente del 2% en los últimos meses, alcanzando casi el descenso del millón de barriles por día. Sin embargo, Irán, Libia y Venezuela no cumplen el trato debido a los problemas políticos internos, que tienen una gran repercusión en cuanto a la producción de crudo. Arabia Saudí y Rusia, por su parte, han contribuido en gran medida a reducción del número de barriles extraídos por día.

El objetivo principal de este pacto es reducir la oferta de barriles de petróleo, con el fin de terminar con la bajada de precio por barril que ha sufrido este sector en los últimos tiempos. Esto se debe a que, de 89 dólares por barril, el precio cayó a los 60 dólares por barril. Aún no se conoce si este pacto está dando sus frutos ya que debe pasar un periodo más largo, lo único que sí que se conoce, es la subida de precios de combustibles durante los últimos meses.

En España, no existe una producción de petróleo que pueda cubrir las necesidades del país. Únicamente se extrae un 0,15% del crudo que se consume. En la Figura 9 se puede observar la cantidad de petróleo que entra en las refinerías españolas con el fin de ser tratado y obtener derivados del petróleo como por ejemplo el gasoil ligero.

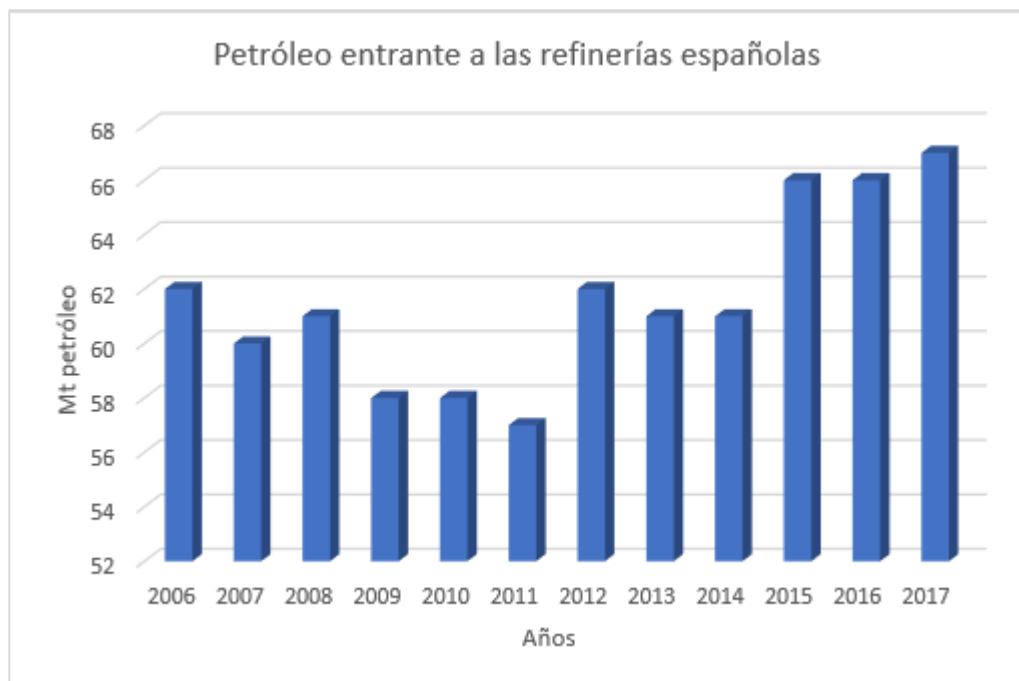


Figura 9: Millones de toneladas (Mt) de petróleo que entran a las refinerías españolas por años

El gasoil ligero, que es uno de los combustibles líquidos más importantes ya que dispone de una densidad energética alta y se considera de fácil manejo y transporte. Otras ventajas que presenta

el gasoil ligero es su combustión limpia y bajo nivel de emisiones, en comparación, por ejemplo, con el gasoil pesado.

El fácil almacenamiento del gasoil ligero es una gran ventaja en cuanto al ahorro que puede darse debido a las fluctuaciones en el mercado del barril de petróleo. De modo que se puede ser competitivo en el mercado almacenando este combustible.

Los precios en el mercado español del gasoil se han visto variantes en los últimos años debido a las políticas que se han tomado. Esto ha supuesto un aumento gradual del precio de este combustible. Revisando las estadísticas de precios del gasoil en España en la Tabla 2, se confirma que en el año 2018 y 2019 ha habido una subida importante del precio del combustible.

Tabla 2: Precio medio del gasoil en España. [Conferencia Española de Transporte de Mercancías]

| Precio medio del gasóleo (céntimos de euro/litro) | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Enero | 107,15 | 93,38 | 112,82 | 116,18 | 115,81 |
| Febrero | 113,85 | 92,70 | 112,97 | 114,28 | 120,85 |
| Marzo | 116,83 | 97,10 | 111,13 | 113,70 | 122,85 |
| Abril | 117,45 | 97,60 | 111,54 | 116,79 | |
| Mayo | 120,28 | 102,35 | 108,63 | 121,91 | |
| Junio | 118,68 | 105,26 | 105,35 | 123,10 | |
| Julio | 114,96 | 103,22 | 105,18 | 122,53 | |
| Agosto | 108,89 | 101,66 | 109,05 | 122,91 | |
| Septiembre | 107,69 | 102,90 | 109,04 | 124,64 | |
| Octubre | 106,31 | 106,44 | 110,86 | 126,64 | |
| Noviembre | 105,92 | 105,17 | 113,28 | 115,71 | |
| Diciembre | 99,49 | 110,29 | 113,83 | 115,71 | |
| TOTAL | 111,44 | 101,51 | 110,14 | 120,32 | 119,67 |

2.3.El petróleo y sus derivados en Canarias

Canarias importaba una gran cantidad de petróleo principalmente desde países africanos como Camerún, Nigeria y Angola, aunque también lo hacía de países latinoamericanos como México y Brasil.

Sin embargo, en 2017 no se importó crudo desde el extranjero, debido, principalmente a que la refinería de Santa Cruz de Tenerife, la única refinería existente en Canarias dejó de tratar el petróleo crudo.

Esto significa que Canarias importa solamente productos derivados del petróleo ya procesados. En el año 2017 se importaron un total de 7130411 toneladas de productos acabados, tales como: gas licuado del petróleo (GLP), gasolinas, gasóleos, fuelóleos y querosenos. [Gobierno de Canarias]

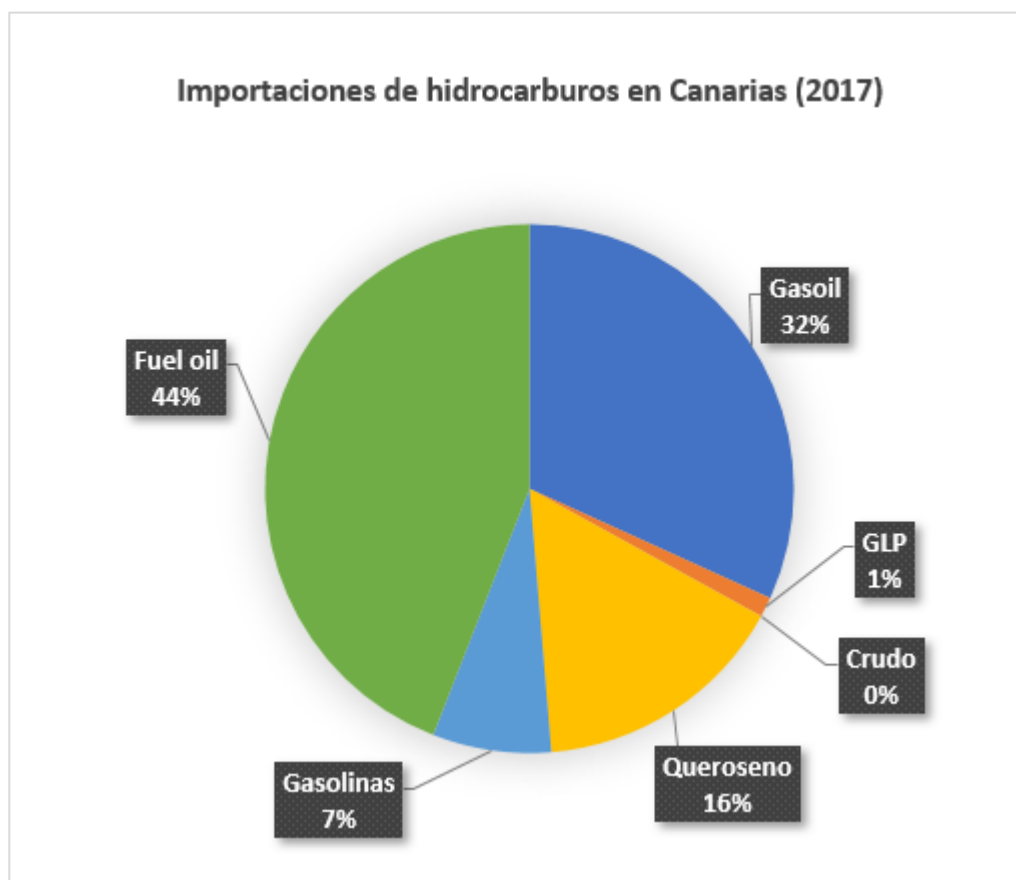


Figura 10: Importaciones de hidrocarburos en Canarias (2017)

Cada isla tiene un consumo distintos de estos productos, por ejemplo, Gran Canaria y Tenerife, que son las dos islas más habitadas, tienen una necesidad de productos derivados del petróleo mucho mayor que islas como Lanzarote, Fuerteventura, La Gomera, La Palma y El Hierro.

En la Tabla 2 se indican los usos y la cantidad de gasoil que se consume globalmente en Canarias y detalladamente por cada isla. Casi el 40% del gasoil que se importa a Canarias es utilizado en Gran Canaria, con el fin de producir electricidad, en instalaciones de venta pública (IVP) o para distribución. Sin embargo, Tenerife supera este porcentaje con un 46,11%. Las únicas dos islas que no utilizaron gasoil para producir electricidad fueron La Gomera y El Hierro.

Tabla 3: Suministros al mercado interior de Canarias, por islas y uso (2017)

| Mercado interior | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| | Gran Canaria | Tenerife | Lanzarote | Fuerteventura | La Palma | La Gomera | El Hierro | Canarias |
| Gasoil I.V.P | 197032 | 245576 | 44408 | 40235 | 20548 | 3819 | 2912 | 554530 |
| Gasoil distribuido | 71498 | 73655 | 8952 | 14779 | 6315 | 919 | 639 | 176757 |
| Gasoil eléctrico | 295274 | 339914 | 13395 | 48004 | 1747 | 0 | 0 | 698334 |
| TOTAL | 563804 | 659145 | 66755 | 103018 | 28610 | 4738 | 3551 | 1429621 |
| | 39,44% | 46,11% | 4,67% | 7,21% | 2,00% | 0,33% | 0,25% | 100,00% |

Unidades: Tonelada métrica (Tm)

En cuanto a los suministros de navegación, Gran Canaria es la isla que mayor cantidad de productos derivados del petróleo destina a este fin, con una diferencia abrumante respecto a las demás islas. Tal y como se puede observar en la Tabla 3, el gasoil total destinado en Canarias a la navegación marítima tanto nacional como internacional es de 470924 t, siendo mucho mayor la cantidad que se destina al ámbito internacional.

Tabla 4: Suministros a la navegación en Canarias, por islas y uso (2017)

| Suministros a la navegación | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| | Gran Canaria | Tenerife | Lanza- rote | Fuerteventura | La Palma | La Gomera | El Hierro | Canarias |
| Navegación marítima nacional | | | | | | | | |
| Gasoil de pesca | 9145 | 5870 | 1626 | 0 | 3 | 0 | 0 | 16642 |
| Gasoil de navegación | 63722 | 23913 | 4023 | 223 | 0 | 412 | 98 | 92391 |
| TOTAL | 72866 | 29782 | 5648 | 223 | 3 | 412 | 98 | 109033 |
| Navegación marítima internacional | | | | | | | | |
| Gasoil | 304446 | 57445 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 361891 |
| TOTAL | 377312 | 87227 | 5648 | 223 | 3 | 412 | 98 | 470924 |
| | 80,12% | 18,52% | 1,20% | 0,05% | 0,00% | 0,09% | 0,02% | 100,00% |

Unidades: Tonelada métrica (Tm)

2.4. Necesidad de desulfuración en Canarias y localización de la planta

Teniendo en cuenta la gran cantidad de productos derivados del petróleo y en especial, de gasoil que se consume en Canaria, es necesario conocer las condiciones de esos productos. Es decir, puede que el gasoil que se importe no se adecue a las legislaciones respecto a las emisiones de compuestos de azufre y por ello se debe procesar de forma que se desulfure.

La normativa [Real Decreto 61/2006, de 31 de enero] sólo contempla límites de azufre con respecto a la contaminación ambiental que se pueda generar, debido a que se generan gases de efecto invernadero y por lo tanto contribuyen al cambio climático. De igual forma, la normativa no contempla que un exceso de azufre en el combustible puede crear daños y deteriorar el equipo en el que se utiliza. Esta es otra de las razones por las que la calidad del gasoil está adquiriendo un valor cada vez mayor dentro del mercado. La desulfuración de este combustible evita disminuir el rendimiento del motor donde se esté utilizando y su vida útil.

Según los datos que están disponibles, la mayor parte del gasoil va destinado como suministro de navegación, por ello, el lugar más idóneo para colocar será un lugar destinado como zona industrial y que no se encuentre a mucha distancia del puerto. Por lo tanto, se ha elegido instalar la planta de desulfuración en el Polígono Industrial de Salinetas que, además, cuenta con un puerto propio en el que se puede descargar el gasoil importado.

Cabe destacar, que este emplazamiento tiene buena conexión con los principales núcleos socioeconómicos, como puede ser tanto el principal puerto, el Puerto de La Luz y de Las Palmas, como se ha comentado anteriormente, de las industrias que tiene alrededor y de otras zonas industriales. Por otro lado, se encuentra a menos de 5 minutos del Aeropuerto de Gran Canaria, detalle a tener en cuenta para posibles ampliaciones de la planta, como por ejemplo para el tratamiento del queroseno utilizado en la aviación.

2.5. Metil-dietano-amina (MDEA)

La metil-dietanol-amina es una amina terciaria. Una amina terciaria es aquella que tiene tres grupos alquilo unidos a nitrógeno. Se caracterizan por que, al no poder formar puentes de hidrógeno, tienen puntos de ebullición más bajos que las aminas primarias y secundarias, aunque tienen pesos atómicos similares.

La MDEA se caracteriza por ser un líquido incoloro con olor amoniacal. Tiene el punto de ebullición muy alto y puntos de fusión muy bajos. Se considera un producto estable en condiciones normales. Sus principales propiedades se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5: Principales propiedades de la MDEA

| Propiedades de la MDEA | |
|--------------------------------------|--------|
| Punto de ebullición [°C] | 243,30 |
| Punto de fusión [°C] | -21,30 |
| Peso molecular | 119,16 |
| pH | 11,50 |
| Densidad [g/cm³] | 1,04 |
| Presión de vapor a 25 °C [Pa] | 0,27 |

La MDEA es una amina importante en los procesos de desulfuración debido a que tiene una gran capacidad de absorción. Se caracteriza por reacciona mucho más rápido con el H₂S que con otros compuestos como el CO₂, es decir, tiene una gran selectividad con el H₂S. Además, se puede trabajar con la MDEA en un rango grande de presiones y a temperaturas no muy altas, por debajo de los 408 K.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DE EQUIPOS

3.1. Resumen

Este capítulo se dedica a la descripción global del proceso que se lleva a cabo. Incluirá la composición de las corrientes y las reacciones que tienen lugar.

Además, se añadirá la descripción de cada uno de los equipos que están presentes en el proceso junto con los datos que se tienen en cuenta para poder realizar la simulación.

La producción total que se quiere conseguir en este proceso es de 50000 t/año de gasoil ligero desulfurado.

3.2. Introducción

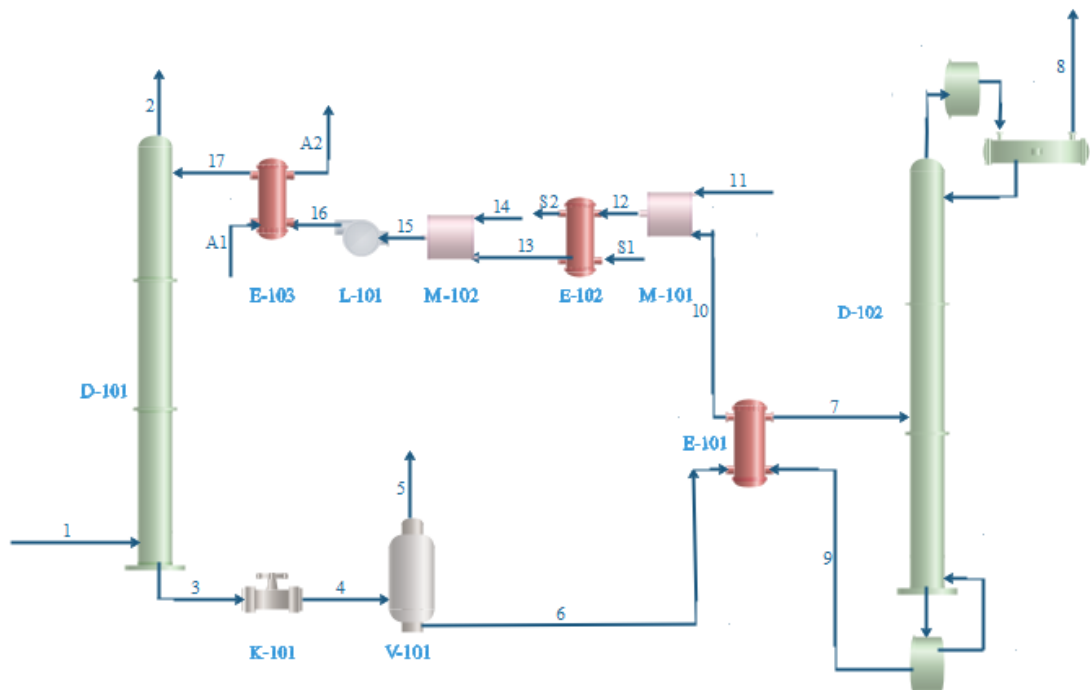


Figura 11: Diagrama de flujo del proceso de desulfuración de un gasoil ligero.

Los componentes principales que se utilizan en este proceso son la amina MDEA y el gasoil ligero.

Tal y como se ha nombrado en los capítulos anteriores, se define gasoil ligero como combustible líquido que se obtiene del petróleo y tiene importantes aplicaciones, especialmente en la industria. Se denomina ligero porque está compuesto de cadenas de hidrocarburos cortas (entre 5

y 10 carbonos) mientras que el gasoil pesado tiene cadenas de hidrocarburos mucho más largas, llegando a doblar las anteriores.

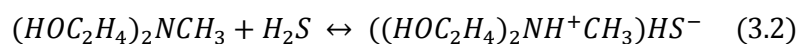
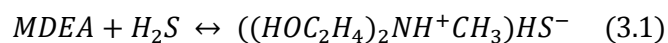
La composición del gasoil ligero depende en de la calidad con la que se haya obtenido, es decir, depende en gran medida del petróleo refinado. Se puede definir tanto por el porcentaje de cada elemento que lo compone o por la composición que tiene de cada componente. En este caso se ha elegido la segunda opción utilizando la composición molar y se ha definido de la siguiente forma:

Tabla 6: Composición del gasoil ligero

| Componente | Composición molar |
|-----------------------------------|--------------------------|
| CO₂ | 58,45 |
| H₂S | 72,80 |
| CH₄ | 3774,26 |
| C₂H₆ | 274,48 |
| C₃H₈ | 73,27 |
| Isobutano | 7,75 |
| Butano | 10,23 |
| Ipentano | 2,95 |
| Pentano | 3,04 |
| Hexano | 2,31 |
| Heptano | 2,61 |
| H₂O | 1,94 |

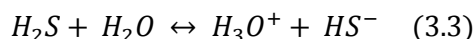
La corriente de gasoil ligero (1) entra en el proceso en estado vapor, ya que procede de la destilación del petróleo crudo a una temperatura de 310 K. Sin embargo, la corriente de entrada de la amina se encuentra en estado líquido debido a que su composición mayoritaria es de agua y MDEA y su temperatura es de 319 K.

El proceso que se lleva a cabo es una reacción de absorción entre la amina y el H₂S presente en el gasoil ligero. La reacción global que tiene lugar en la columna de absorción (D-101) es la siguiente:



Sin embargo, para llegar a ese resultado final, se ha tenido que pasar por tres fases diferentes:

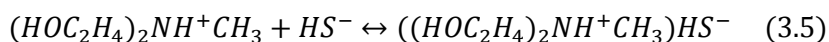
1. El H₂S es un ácido débil que, al mezclarlo con H₂O, se ioniza cediendo un átomo de hidrógeno:



2. La MDEA es una base débil por lo que al reaccionar con el agua se ioniza captando un átomo de H₂:



3. Una vez el agua haya reaccionado tanto con la amina como con el H₂S, los iones hidrogenosulfuro y el ion MDEA reaccionan entre sí formando una sal básica débil:



El hecho de que la reacción tenga carácter reversible es lo que permite que la siguiente fase del proceso, la regeneración de amina, pueda llevarse a cabo. Para que la reacción inversa se de es necesario que se aumente la temperatura. En este proceso se calienta la corriente que contiene la amina procedente de la columna de absorción (amina rica) justo antes de entrar a la columna de destilación donde se separa la MDEA del H₂S.

A partir de este momento, se denominará amina rica a aquella que procede de la columna de absorción y que contiene azufre. La amina pobre, por el contrario, será la que no tenga contenido en azufre o que ese contenido sea muy reducido.

3.3. Columna de absorción D-101

En la torre de absorción es donde se tiene la reacción entre la amina y el H₂S presente en el gasoil ligero. Se ha elegido una columna de platos principalmente porque es el tipo de columna que más se empleada en este tipo de industrias.

La torre tendrá una geometría circular con disposición vertical que, como se ha explicado anteriormente, estará rellena de platos proporcionando una gran superficie de contacto para separar las fases. Tendrá dos corrientes de entrada, la del gasoil ligero y la de la amina recirculada junto con amina de recuperación, y dos corrientes de salida, la del gasoil ligero desulfurado y la de la amina rica en azufre.

La corriente 1 (gasoil ligero) tendrá una temperatura de 311 K y una presión de 1758 kPa. Se encontrará en estado vapor y su caudal será de 331,40 kmol/h.

La corriente 17 (amina pobre) tendrá una temperatura de 319 K y una presión de 1792 kPa. Se encontrará en estado líquido y su caudal será de 7235,08 kmol/h.

La corriente de salida 2 (gasoil ligero desulfurado) tendrá una temperatura de 319 K y una presión de 1723,69 kPa. Se encontrará en estado vapor y su caudal será de 320,13 kmol/h.

La corriente 3 (amina rica) tendrá una temperatura de 319,83 K y una presión de 1758,16 kPa. Se encontrará en estado líquido y su caudal será de 7246,36 kmol/h.

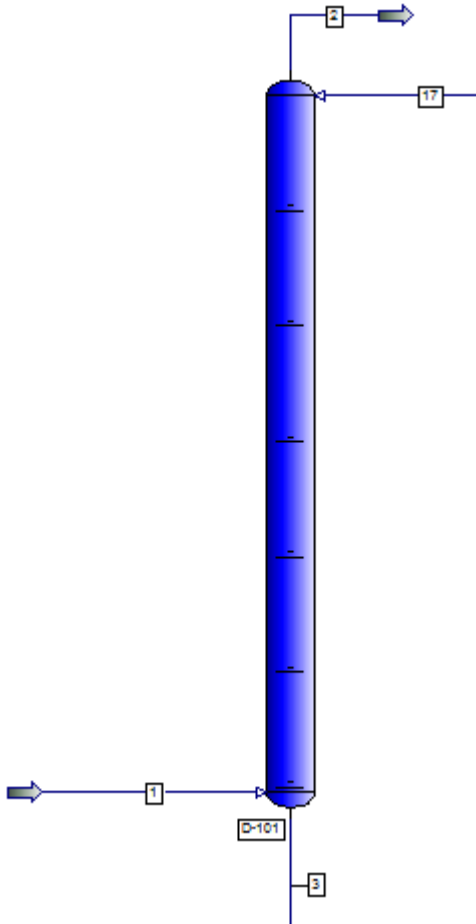


Tabla 7: Datos D-101.

| Datos | |
|---------------------------|----------------|
| Número de platos | 6 |
| P plato superior (kPa) | 1723,69 |
| ΔP plato (kPa) | 6,89 |
| T (K) | 325 |
| Factor de amortiguamiento | 0,7 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 8: Datos de las corrientes de D-101

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 1 | 331,40 | 1758,16 | 310,93 |
| 17 | 7235,08 | 1792,64 | 319,26 |
| 2 | 320,13 | 1723,69 | 319,27 |
| 3 | 7246,36 | 1758,16 | 319,87 |

3.4. Válvula de presión K-101

Regulará la presión de la corriente procedente de D-101 (corriente 3) y que contiene la amina junto con el azufre.

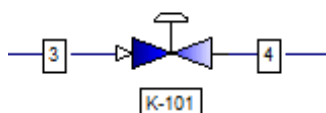


Tabla 9: Datos de K-101.

| Datos | |
|------------------------------------|----------------|
| P salida (kPa) | 111,00 |
| ΔP (kPa) | 1647,16 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 10: Datos de las corrientes de K-101

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 3 | 7246,36 | 1758,16 | 319,87 |
| 4 | 7246,36 | 111,00 | 319,83 |

3.5. Flash V-101

Separa las fases de la corriente de salida de la torre de absorción de la amina rica. Los componentes que se encuentran en estado vapor serán el metano, el propano y el etano, en mayor proporción. Éstos constituyen la corriente 5 de salida del flash que tiene un flujo molar 2,91 kmol/h, su temperatura es 319,83 K y la presión es 111 kPa.

Por el otro lado, la corriente líquida (6) estará compuesta por H₂O, MDEA, CO₂ y H₂S. Su flujo molar es de 7243,45 kmol/h, su temperatura es 319,83 K y presión 111 kPa.

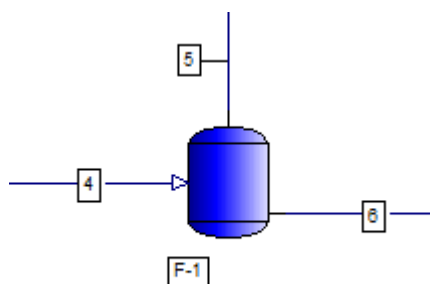


Tabla 11: Datos V-101

| Datos | |
|-------------------------|----------------|
| Trabajo (kJ/año) | 0 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 12: Datos de las corrientes de V-101

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 4 | 7246,36 | 111,00 | 319,83 |
| 5 | 2,91 | 111,00 | 319,83 |
| 6 | 2743,45 | 111,00 | 319,83 |

3.6. Intercambiadores de calor

3.6.1. Intercambiador de calor E-101

La corriente de entrada fría será la procedente del flash en estado líquido con amina rica (corriente 6) y sale caliente por la corriente 7. La corriente de entrada caliente será la amina pobre que sale de la cola de la columna de destilación (corriente 9) que sale fría por la corriente 10.

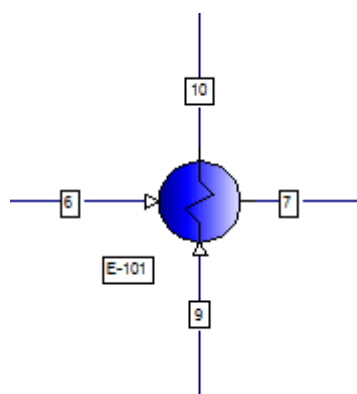


Tabla 13: Datos de E-101

| Datos | |
|-----------------------------------|----------------|
| $\Delta T_{6 \rightarrow 7}$ (K) | 29,41 |
| $\Delta T_{9 \rightarrow 10}$ (K) | 29,01 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 14: Datos de las corrientes de E-101

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 6 | 2743,45 | 111,00 | 319,83 |
| 9 | 7231,65 | 120,66 | 378,90 |
| 7 | 7243,45 | 111,00 | 349,24 |
| 10 | 7231,65 | 120,66 | 349,82 |

3.6.2. Intercambiador de calor E-102.

La amina pobre, después de mezclarse con la amina nueva, (corriente 12) se enfría con una corriente de agua (corriente S1) que entra al proceso con una temperatura de 300 K y un flujo molar de 7000 kmol/h.

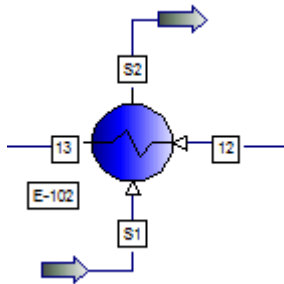


Tabla 15: Datos de E-102

| Datos | |
|------------------------------------|----------------|
| $\Delta T_{12 \rightarrow 13}$ (K) | 11,11 |
| $\Delta T_{S1 \rightarrow S2}$ (K) | 12,40 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 16: Datos de las corrientes de E-102

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 13 | 7231,65 | 101,35 | 338,71 |
| S1 | 7000 | 300,00 | 300 |
| 12 | 7231,65 | 101,35 | 349,82 |
| S2 | 7000 | 300,00 | 312,40 |

3.6.3. Intercambiador de calor E-103.

La corriente de amina pobre, después de mezclarse con el agua, (corriente 16) se enfría con una corriente de agua (corriente A1) que entra al proceso con una temperatura de 394,26 K y un flujo molar de 10423,13 kmol/h.

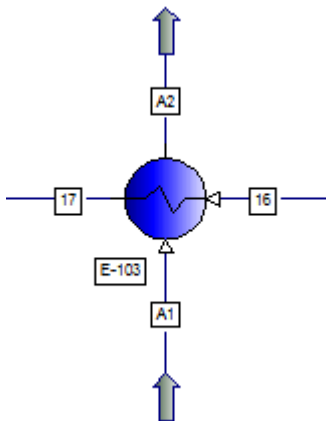


Tabla 17: Datos de E-103

| Datos | |
|------------------------------------|----------------|
| $\Delta T_{16 \rightarrow 17}$ (K) | 20,09 |
| $\Delta T_{A1 \rightarrow A2}$ (K) | 15 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 18: Datos de las corrientes de E-103

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 16 | 7235,08 | 1792,64 | 339,35 |
| A1 | 10423,13 | 102,04 | 294,26 |
| 17 | 7235,08 | 1792,64 | 319,26 |
| A2 | 10423,13 | 102,04 | 309,26 |

3.7. Mezcladores

3.7.1. Mezclador M-101

Mezcla la corriente de salida de amina pobre de la torre de recuperación con más amina. La amina nueva entra por la corriente 11 a una temperatura de 305,37 K y una presión de 106,87.

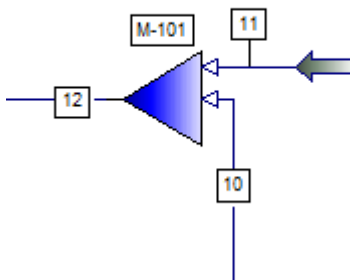


Tabla 19: Datos de M-101

| Datos | |
|------------------|----------------|
| ΔP (kPa) | 5,52 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 20: Datos de las corrientes de M-101

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 10 | 7231,65 | 120,66 | 349,82 |
| 11 | $4,05 \cdot 10^{-5}$ | 106,87 | 305,37 |
| 12 | 7231,65 | 101,35 | 349,82 |

3.7.2. Mezclador M-102

Mezcla la corriente de amina pobre, que contiene tanto la amina recirculada como la nueva, con una corriente de agua. El agua entra al mezclador por la corriente 14 con un flujo molar muy pequeño (3,44 kmol/h) y con temperatura de 366,48 K y presión de 101,35 kPa.

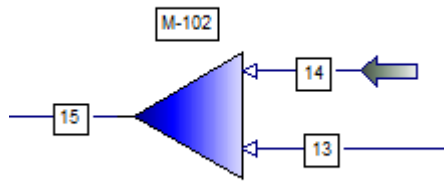


Tabla 21: Datos de M-102

| Datos | |
|------------------|----------------|
| ΔP (kPa) | 0 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 22: Datos de las corrientes de M-102

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 13 | 7231,65 | 101,35 | 338,71 |
| 14 | 3,44 | 101,35 | 366,48 |
| 15 | 7235,09 | 101,35 | 338,72 |

3.8. Bomba L-101 A/B

La bomba impulsará la amina pobre saliente de la columna de destilación para volver a entrar a la torre de absorción.

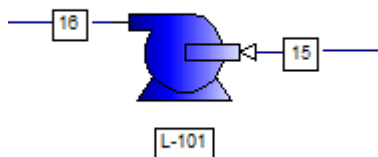


Tabla 23: Datos de L-101

| Datos | |
|----------------|---------|
| P salida (kPa) | 1792,64 |
| Eficiencia (%) | 70 |

Tabla 24: Datos de las corrientes de L-101

| Datos de corrientes | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 15 | 7235,09 | 101,35 | 338,72 |
| 16 | 7235,08 | 1792,64 | 339,35 |

3.9. Columna de destilación D-102

En la torre de destilación se realizará el proceso de la regeneración de la amina, es decir, se separará el H₂S de la MDEA. Al igual que la torre de absorción, estará rellena de platos, con un total de 12 platos que incluyen el condensador y el reboiler. Su geometría será circular en disposición vertical.

Tiene una corriente de alimentación de amina rica (corriente 7), una salida al condensador por la cabeza, que se divide entre una que se recircula y otra que sale del proceso (corriente 8), y otra salida por la cola, que se aumenta su temperatura y, una parte vuelve a entrar en la torre y la otra sale para seguir su ruta en el proceso (corriente 9).

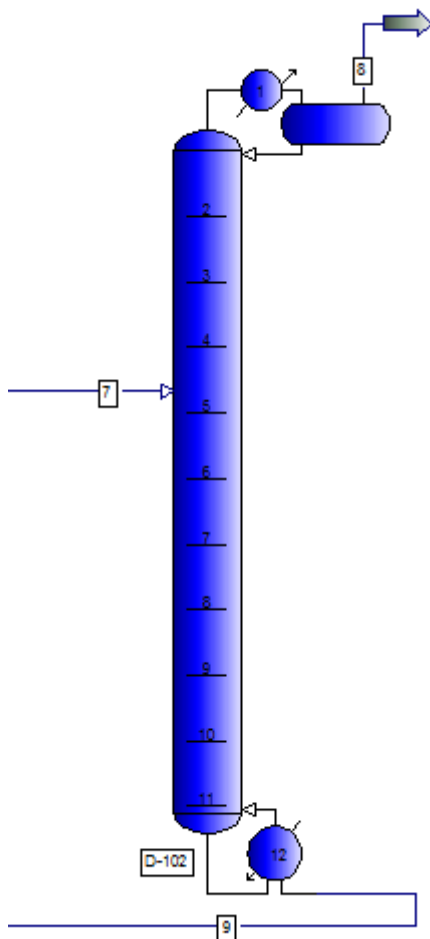


Tabla 25: Datos D-102

| Datos | |
|--------------------------|----------------|
| Número de platos | 12 |
| P plato superior (kPa) | 106,87 |
| ΔP columna (kPa) | 13,79 |
| T (K) | 372 |
| Factor de amortiguación | 0,4 |
| P condensador (kPa) | 93,08 |
| Plato de la alimentación | 5 |
| Q | 0 (Adiabático) |

Tabla 26: Datos de las corrientes de D-102

| Datos de corrientes | | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|
| Corriente | Flujo molar [kmol/h] | Presión [kPa] | Temperatura [K] |
| 7 | 7243,45 | 111,00 | 349,24 |
| 8 | 11,80 | 93,08 | 322,04 |
| 9 | 7231,65 | 120,66 | 378,90 |

Simulación del proceso

4. SIMULACIÓN DEL PROCESO CON PRO-II

4.1. Resumen

En este capítulo se introduce el software empleado en la simulación (Pro-II) así como el procedimiento que se ha llevado a cabo para la simulación: seleccionar los compuestos químicos, definir el modelo termodinámico y añadir las corrientes y los equipos.

4.2. Pro-II

El simulador Pro-II es un software de procesos industriales desarrollado por SimSci (*Schneider Electric Software*). Esta empresa procede de Estados Unidos (26561 Rancho Parkway South, Lake Forest, CA 92630 U.S.A.)

Este simulador es capaz de optimizar el rendimiento de una planta mediante su diseño, realiza análisis operacional y estudios de ingeniería. Tiene la capacidad de realizar cálculos de forma rigurosa tanto de balances de materia como de energía. Cuenta además con una amplia oferta de paquetes termodinámicos con el fin de poder realizar una gran cantidad de diseños de procesos.

El Pro-II se puede utilizar en prácticamente todas las industrias entre las que se destacan, la industria del petróleo, productos químicos, productos farmacéuticos y plantas de polímeros.

4.3. Descripción de la simulación

La simulación del proceso de desulfuración del gasoil ligero, se va a llevar a cabo mediante el software de simulación Pro-II.

En primer lugar, al ejecutar el programa, va a salir una ventana como la de la Figura 12, que, para poder continuar, se debe pulsar OK. En esta ventana, se encuentra información sobre lo que se puede realizar y el código de colores que se utilizará en toda la simulación:

- **Rojo:** se requieren datos o acciones.
- **Verde:** dato o acción por defecto, el usuario puede mantenerla o eliminarla.
- **Azul:** el dato satisfactorio introducido por el usuario.
- **Amarillo:** precaución, los datos proporcionados por el usuario están fuera de los límites.

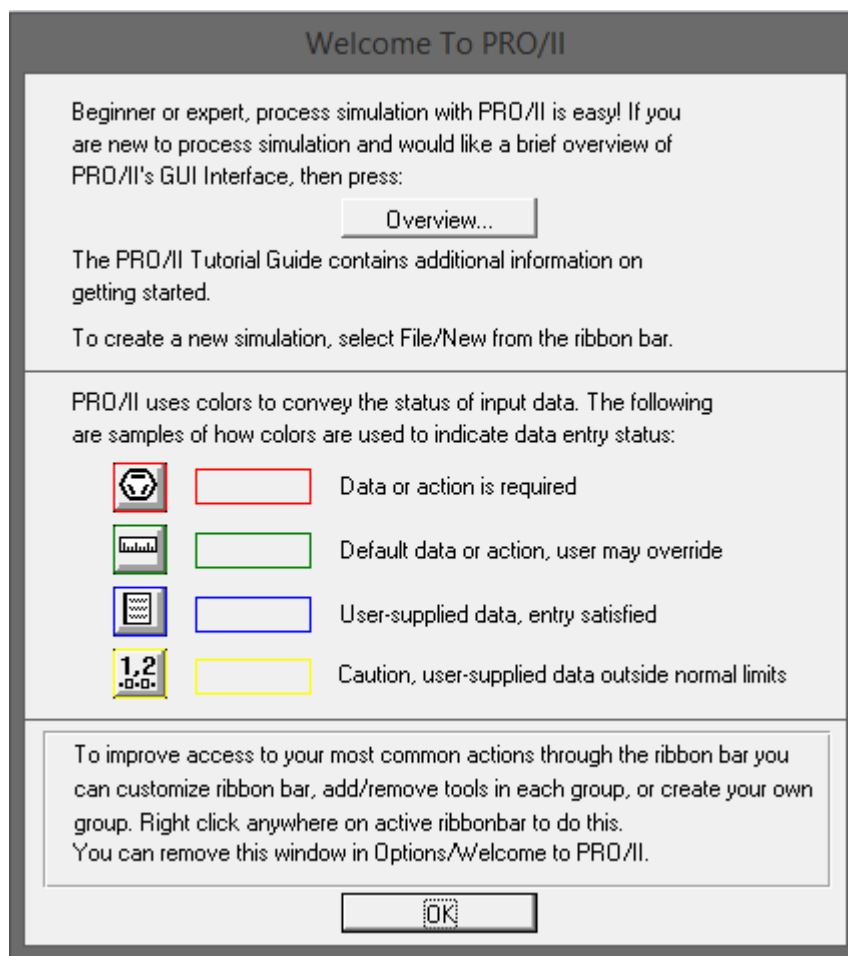


Figura 12:Primera ventana al ejecutar el programa

A continuación, para crear una nueva simulación, se selecciona *New*. Lo primero que se debe seleccionar es el sistema de unidades con las que se va a trabajar. Para ello, se selecciona *Unit Of Measure* y para elegir el SI, se deberá acceder a *Initialize from UOM Library* y seleccionar SI-SET1.

Existen otros sistemas dentro del simulador que pueden ser elegidos, como el sistema métrico o sistema inglés. También se pueden elegir las unidades de acuerdo con preferencias de cada proyecto. Existe la posibilidad de cambiar las unidades a lo largo de la simulación.

4.3.1. Añadir compuestos químicos

Para añadir los compuestos químicos, se debe acceder a *Component Selection*, una vez dentro de esta opción, se pulsa sobre *Select from Lists...*, tal y como se muestra en la Figura 13.

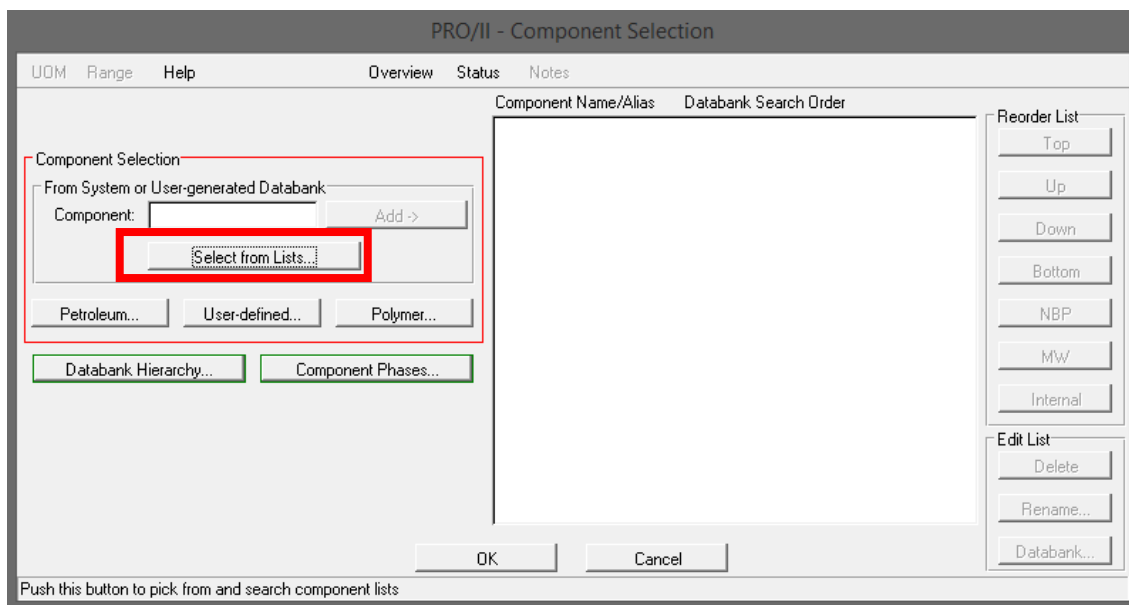


Figura 13: Ventana de selección de componentes

Los compuestos que se van a utilizar en esta simulación se pueden encontrar todos en *All Components – SIMSCI Bank*. Se puede filtrar la búsqueda tanto por su nombre completo, como por su alias o su fórmula química. Los compuestos seleccionados han sido: dióxido de carbono (*carbon dioxide / CO₂*), ácido sulfhídrico (*hydrogen sulfide / HYSULFID / H₂S*), metano (*methane / METH / CH₄*), etano (*ethane / C₂H₆*), propano (*propane / PROP / C₃H₈*), isobutano (*isobutane / ISOBUTAN / C₄H₁₀*), butano (*n-butane / BUTANE / C₄H₁₀*), isopentano (*isopentane / ISOPNTAN / C₅H₁₂*), pentano (*n-pentane / PENTANE / C₅H₁₂*), hexano (*n-hexane / HEXANE / C₆H₁₄*), heptano (*n-heptane / HEPTANE / C₇H₁₆*), agua (*water / H₂O*) y la amina metil-dietanol-amina (*n-methyldiethanolamine / MDEA / C₅H₁₃NO₂*).

4.3.2. Selección del paquete termodinámico

Existen muchos tipos de paquetes termodinámicos, y se eligen de acuerdo con el proceso y componentes que van a tener lugar en dicho proceso.

Para un mismo proceso, teniendo en cuenta su naturaleza, se pueden elegirse distintos paquetes termodinámicos, pero siempre se ha de decantar por el que mejor resultado ofrezca.

Existen paquetes termodinámicos con correlaciones especiales para sistemas específicos, como polímeros, electrolitos, y el de aminas. Teniendo en cuenta los compuestos que se utilizarán en este proyecto, se podría decir que la amina MDEA juega un papel muy importante, ya que es la que se ocupa de la absorción del H₂S, por lo tanto, el paquete termodinámico que se ha de elegir es el especial de aminas.

El Pro-II proporciona datos para simular utilizando el paquete termodinámico de aminas para las aminas MEA, DEA, DGA, DIPA y MDEA. Además, proporciona datos de recomendación de temperatura, presión y para cada tipo de amina:

Tabla 27: Recomendaciones para el paquete termodinámico de aminas

| Rangos recomendados | |
|----------------------------|---|
| MEA | 172 < P (kPa) < 3447 T (K) < 408 %p Amina ≈ 15-25 |
| DEA | 689 < P (kPa) < 6894 T (K) < 408 %p Amina ≈ 25-35 |
| DGA | 689 < P (kPa) < 6894 T (K) < 408 %p Amina ≈ 55-65 |
| MDEA | 689 < P (kPa) < 6894 T (K) < 408 %p Amina ≈ 50 |
| DIPA | 689 < P (kPa) < 6894 T (K) < 408 %p Amina ≈ 30 |

Cabe destacar que para utilizar el paquete termodinámico de aminas es necesario que estén presentes en el proceso H₂S, CO₂ y H₂O. La constante de equilibrio químico (K_i) se lleva a cabo a través de la siguiente ecuación:

$$\ln K_i = a + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^2} + \frac{D}{T^3} \quad (4.1)$$

Dicha constante de equilibrio para la reacción de disociación de la amina hidronada se corrige al estado de amina pura. Se realiza relacionando la constante con el coeficiente de actividad de dilución infinita de la amina en agua estimada a partir de datos experimentares.

La entalpía líquida se calcula utilizando métodos ideales y agregando una corrección para el calor de reacción de la siguiente manera utilizando una ecuación de Clausius-Clapeyron modificada:

$$\Delta H_r = \frac{\ln \left(\frac{K_{T_1}}{K_{T_2}} \right) \cdot R}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (4.2)$$

ΔH_r = calor de reacción

R = constante del gas

K_{T1}, K_{T2} = valor de la constantes para la temperatura 1 y 2

En la simulación se debe acceder a *Thermo*, en el apartado de categoría se seleccionará *All Primary Methods* y a continuación *Amine*, que corresponderá al paquete de aminas.

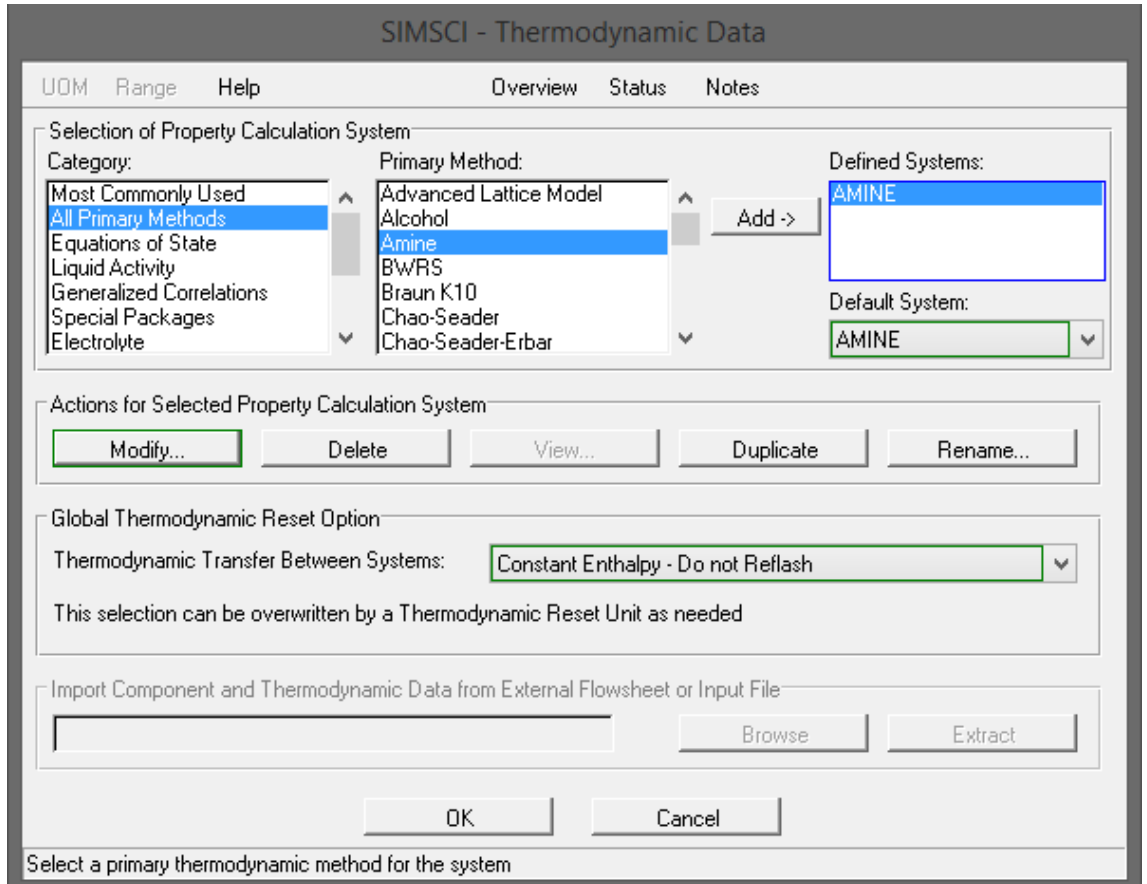


Figura 14: Selección del paquete termodinámico AMINE

4.3.3. Definición de las corrientes

La definición de las corrientes es un proceso muy importante debido a que ya introduces valores en la simulación. Para definir una corriente de materia hay que especificar el flujo, la temperatura, la presión y/o la composición.

Primeramente, se añade una corriente clicando en *Steam* y a continuación dibujándola en la ventana de trabajo que por defecto se llama *flowsheet*. En el Pro-II se deben añadir las especificaciones de la siguiente forma:

- Se debe elegir una primera especificación que puede ser la temperatura o la presión (Figura 15)
- Para añadir el flujo y la composición, se debe acceder a *Flowrate and Composition*. Ahí se podrá elegir entre tres opciones: el flujo total junto con la composición de la

corriente; el flujo individual de cada componente; o la concentración de cada componente en moles, masa y caudal (Figura 16).

- Si con las especificaciones anteriores no es suficiente, se procederá a definir una segunda especificación. Se podrá elegir entre: presión o temperatura (según lo que se haya elegido en la primera especificación), punto de burbuja, punto de rocío, fracción molar líquida, fracción en masa líquida o fracción de volumen líquido (Figura 17).

The image shows a software dialog box titled "PRO/II - Stream Data". It has a menu bar with "UOM", "Range", "Help", "Tag", "Overview", "Status", and "Notes". The "Stream" field contains "S1" and the "Description" field is empty. Below this, "To Unit" is set to "(Product Stream)". The "Stream Type" section has a list box with "Composition Defined" selected, and a "Flowrate and Composition..." button is highlighted with a red box. Other buttons in this section are "Stream Solids Data..." and "Stream Polymer Data...". The "Thermal Condition" section has a "First Specification:" label and a dropdown menu that is open, showing "Temperature" and "Pressure" options, with "Temperature" selected. A red box highlights this dropdown. Below this is a "Thermodynamic System:" label and a dropdown menu set to "Determined From Connectivity". At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons. A status bar at the very bottom says "Select first specification".

Figura 15: Primera especificación de la corriente

Stream Data - Flowrate and Composition

UOM Range Help Tag

Specify flowrate and composition for stream 11

Fluid Flowrate Specification

Total Fluid Flowrate: [] tonm-mol/yr Total LV or GV rate Basis: Standard Basis

Individual Component Flowrates

Component Concentrations [] tonm-mol/yr

| Copy | Component | Component Flowrate tonm-mol/yr |
|-------|-----------|-----------------------------------|
| Paste | CO2 | [] |
| | HYSULFID | [] |
| | METHANE | [] |
| | ETHANE | [] |
| | PROPANE | [] |
| | IBUTANE | [] |
| | BUTANE | [] |

Clear Compositions Total: 6000.0

Normalize Component Flowrates
Based on Specified Fluid Flowrate

Exit the window after saving all data

Figura 16: Ilustración 5: Flujo y composiciones de la corriente

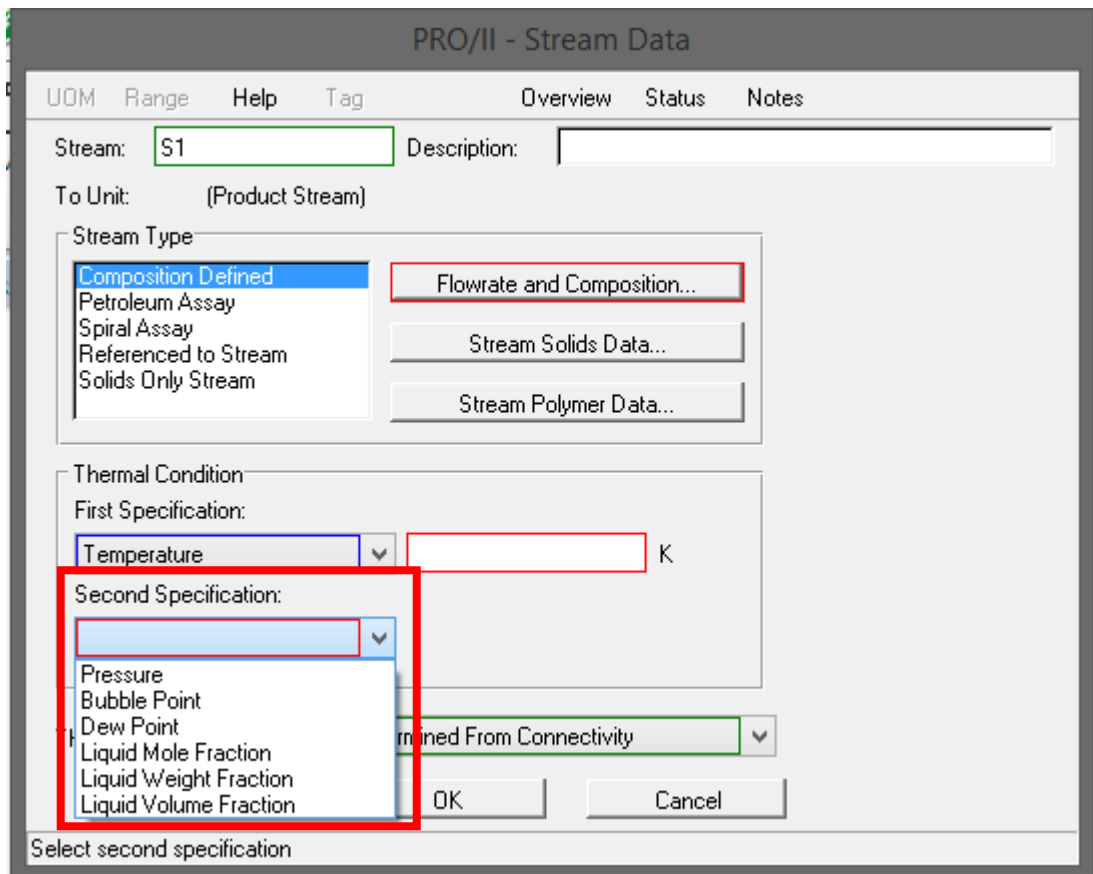


Figura 17: Segunda especificación de la corriente

4.3.4. Válvula de presión K-101

Se emplea para reducir la presión previa al flash bien, fijando la caída de presión o la presión de salida.

La válvula de presión puede calcularse mediante dos métodos de cálculo distintos según la cantidad de fases que se encuentran: VLE (dos fases) y VLLE (tres fases). En este caso, como sólo existen dos fases, la fase líquida y la fase vapor, se utilizará el método de cálculo VLE.

La forma de seleccionarla en el simulador es en la paleta de objetos, pestaña de *Pressure Change*, elemento que se llama *Valve*.

En primer lugar, se coloca como corriente de entrada la corriente 3 y de salida la corriente 4 y se clicca dos veces en la válvula para proceder a especificar que su presión de salida debe ser 111,006 kPa.

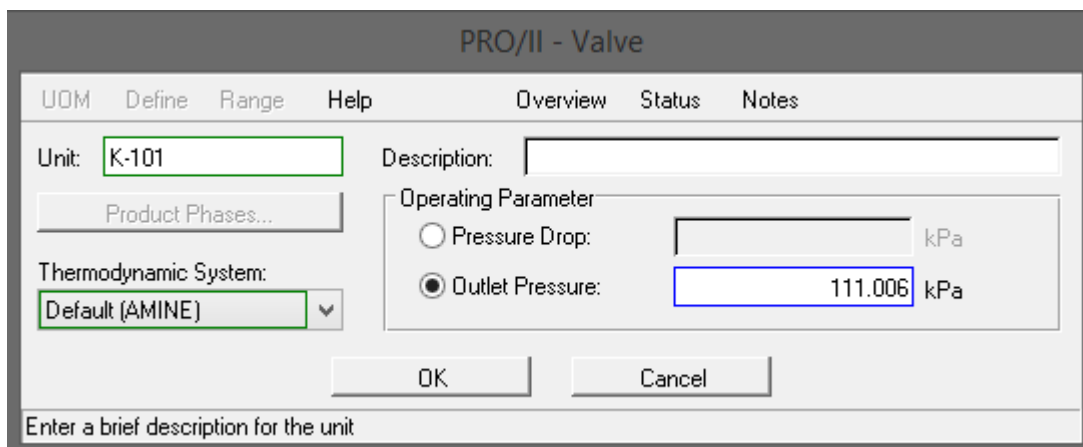


Figura 18: Ventana de especificaciones de la válvula de presión

4.3.5. Flash V-101

El flash se utiliza para separar de la amina rica resultante de la absorción los compuestos que no interesan en el resto del proceso. En este caso se separará de la fase vapor la fase líquida compuesta por la amina MDEA, CO₂, H₂S y H₂O.

Para poder determinar el estado termodinámico de un flujo en un botellón flash se requieren dos grados de libertad, es decir, dos especificaciones. Al igual que en el caso de la válvula, el flash tiene la opción de método de cálculo tanto con VLE o VLLE. Como sólo se tienen la fase líquida y la vapor, se elegirá el método VLE.

Se puede especificar tanto la unidad como el producto, seleccionando *Unit Specification* o *Product Specification*. Dentro de las *Unit Specification* se puede elegir entre temperatura, calor intercambiado, punto de rocío, punto de burbuja, isentrópico, fracción molar de vapor.

Además, hay que especificar las fases en las que salen los productos, y para ello se debe pulsar la opción *Product Phases*.

La Figura 19 muestra la ventana de edición del flash.

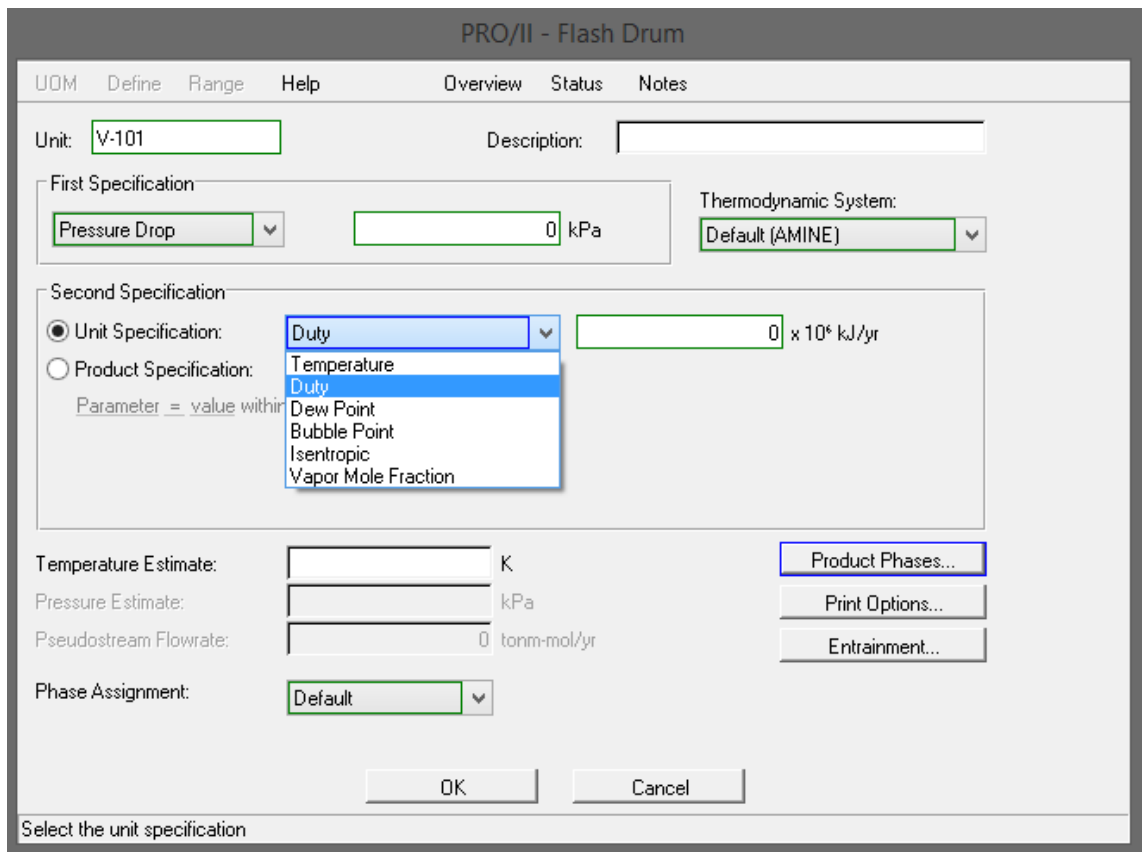


Figura 19: Ventana de especificación del flash

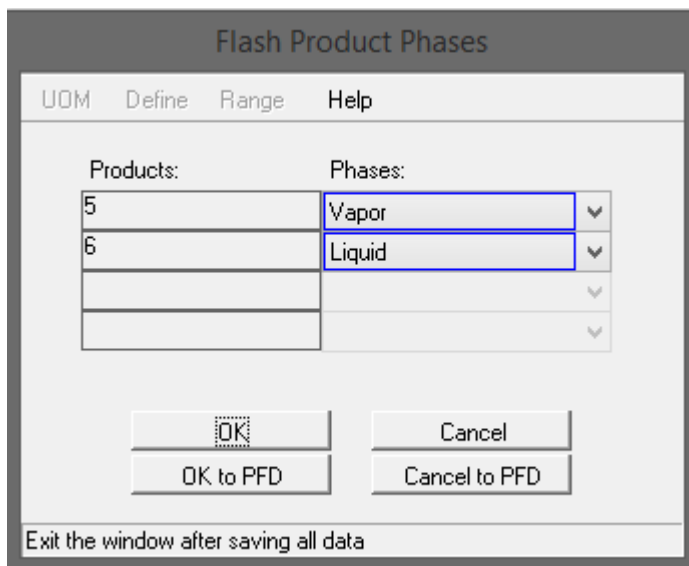


Figura 20: Especificación de fases de los productos del flash

4.3.6. Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor se utilizan para transmitir calor entre fluidos, de forma que se tiene un fluido caliente que se va a enfriar y un fluido frío que se va a calentar. Su simulación se basa en especificar las corrientes de entradas, separándolos entre cuál es el caliente y el frío, y dar una especificación.

La especificación puede ser, entre otros, cualquiera de las siguientes opciones: temperatura del producto caliente o del frío, fracción líquida del producto frío o caliente...

Debido a que son intercambiadores de calor simples a los que se especifican la temperatura de la corriente de salida del lado especificado, con un balance de energía se calcula la otra salida. Se dice entonces que el método de cálculo es de un solo paso.

En este proceso se definirán 3 intercambiadores de calor distintos.

4.3.6.1. Intercambiador de calor E-101

Este intercambiador tendrá como corrientes de entrada la 6 (fría) y la 9 (caliente), y como corrientes de salida la 7 y la 10 (Figura 21).

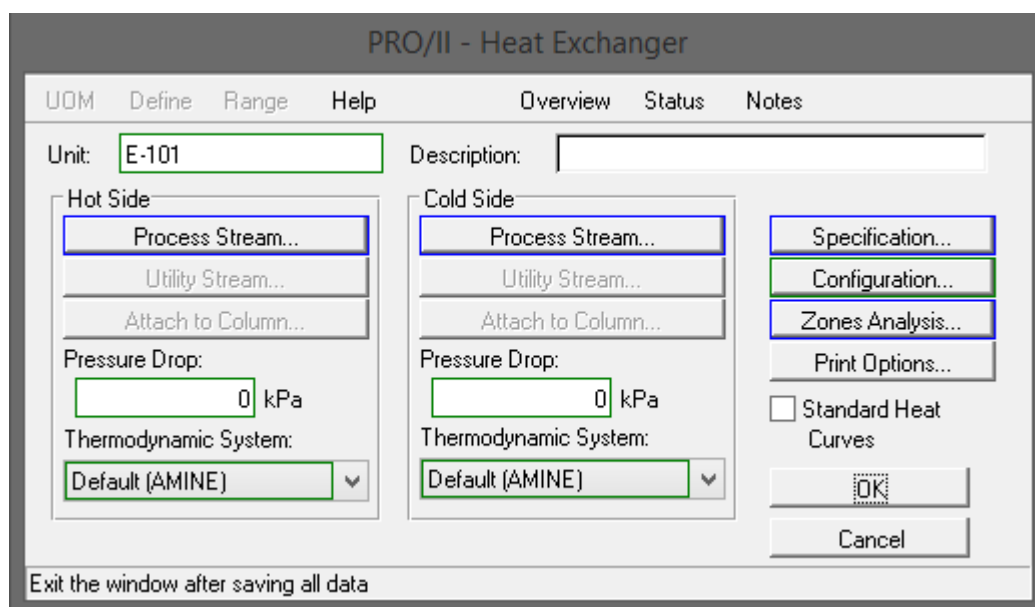


Figura 21: Ventana intercambiador de calor

Se puede observar que la corriente de entrada caliente será la 9, que está 378,90 K y la fría es la 6 que se encuentra a 321,26 K. Las corrientes salientes tienen las siguientes temperaturas: la 7 a 347,71 K y la 10 a 349,82 K. Esto se debe a que la especificación que se introdujo fue que la temperatura de la corriente 10 fuera 349,82 K.

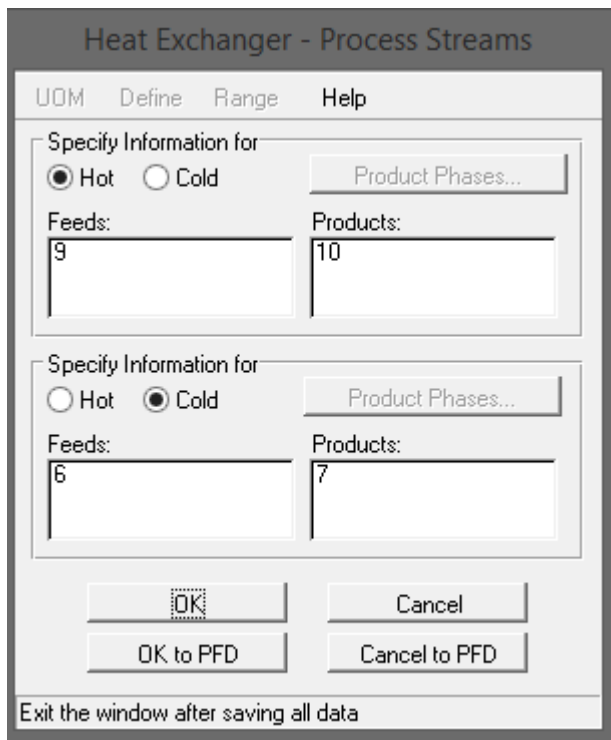


Figura 22: Ventana de corrientes intercambiador de calor

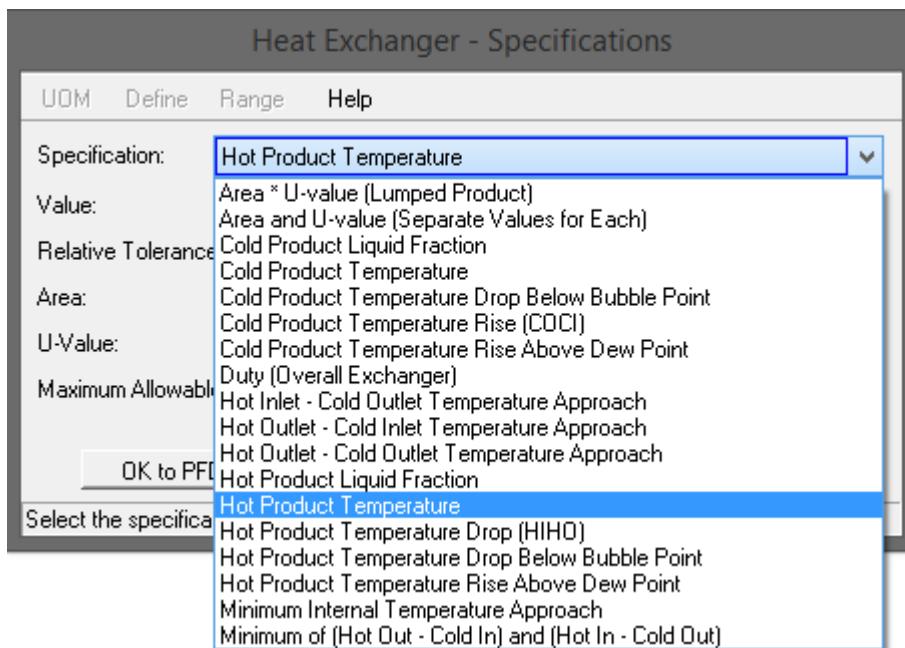


Figura 23: Ventana de selección de especificaciones del intercambiador de calor

4.3.6.2. Intercambiador de calor E-102

La única corriente de entrada que tiene será la caliente, corriente 12, que se encuentra a 349,817 K. La salida que se obtiene es la corriente 13 a 338,706 K (Figura 24)

La especificación que se da es la temperatura del producto caliente, o sea, que la corriente 13 salga a 338,706 K.

| Field | Value | Unit |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Specification | Hot Product Temperature | |
| Value | 338.706 | K |
| Relative Tolerance | 0.0001 | |
| Area | | m ² |
| U-Value | | kW/m ² -K |

Figura 24: Ventana de especificación del E-102

4.3.6.3. Intercambiador de calor E-103

Sus corrientes de entrada serán la corriente 16 caliente (339,512 K) y la corriente A1 fría (294,261 K).

La especificación que se añade es que la corriente de producto caliente tenga temperatura de 319,261 K, que corresponde a la corriente 16. Por otro lado, la corriente A2 tendrá una temperatura de 309,261 K (Figura 25)

| Field | Value | Unit |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| Specification | Hot Product Temperature | |
| Value | 319.261 | K |
| Relative Tolerance | 0.0001 | |
| Area | | m ² |
| U-Value | | kW/m ² -K |
| Maximum Allowable U*A | | kW/K |

Figura 25: Ventana de especificación del E-103

4.3.7. Mezcladores

El fin principal de los mezcladores es la combinación de las corrientes de entrada para obtener una sola corriente de salida.

El método de cálculo utilizado es el VLE, porque al igual que en los dos casos anteriores, las únicas fases que se tienen son la líquida y la vapor.

Para la simulación, se debe buscar en la paleta de objetos *General* el equipo *Mixer*. Se conectan las corrientes de entrada y la corriente de salida, y se especifica, o bien la caída de presión o la presión de salida.

4.3.7.1. Mezclador M-101

En este caso, las corrientes de entrada son la 10 y la 11, y la corriente de salida la 12, con una caída de presión de 5,52 kPa (Figura 26)

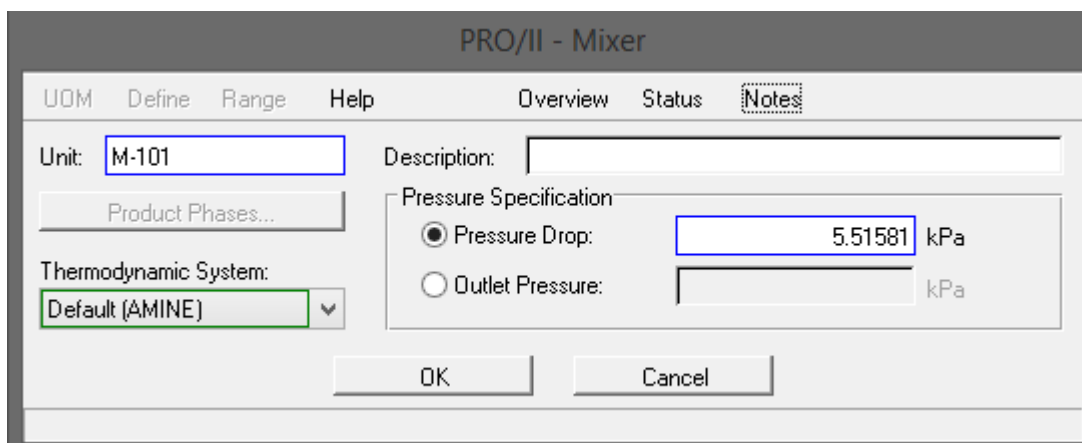


Figura 26: Ventana de especificación de M-101

4.3.7.2. Mezclador M-102

Para este mezclador, lo único que se hizo fue conectar las corrientes de entrada 13 y 14, y la de salida 15. El resto de las especificaciones se quedaron por defecto, por eso la variación en presión es nula (Figura 27)

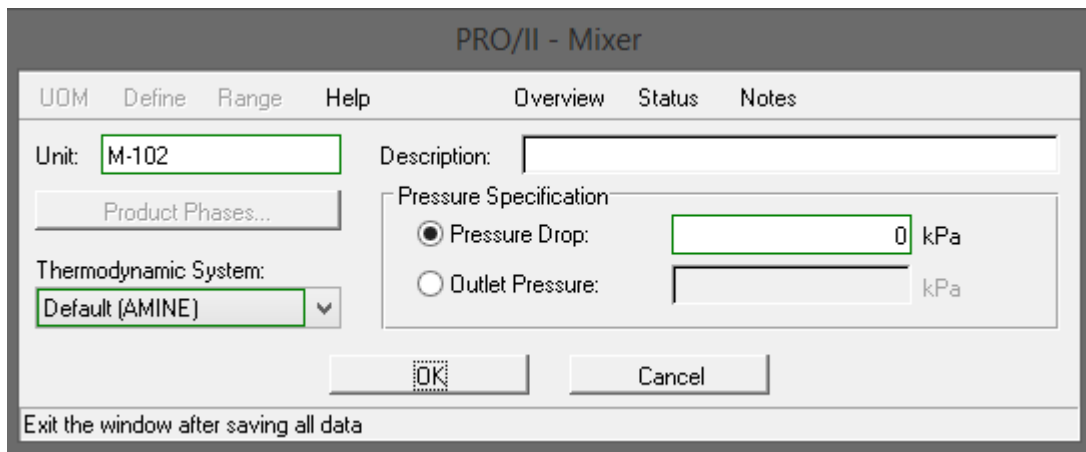


Figura 27: Ventana de M-102

4.3.8. Bomba L-101 A/B

La bomba aumentará la presión del fluido de la corriente de entrada.

La simulación se configura aportando una presión a elegir entre la de salida, el aumento de presión, o la relación de presión. Además, se puede especificar la eficiencia de la bomba o la eficiencia mecánica.

En este caso, la bomba tendrá una presión de salida de 1792,64 kPa y una eficiencia del 70%.

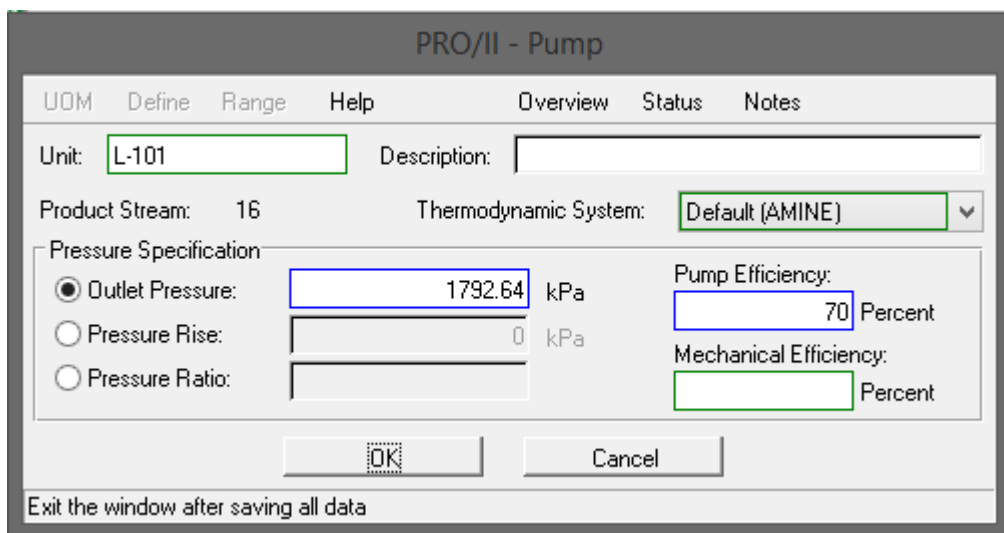


Figura 28: Ventana de especificación de la bomba

4.3.9. Columna de absorción D-101

La torre de absorción basa su funcionamiento en la mezcla de dos fluidos a contracorriente y que uno de ellos actúe como disolvente de alguno de los componentes del otro fluido.

El método de cálculo que calcula esta columna es el algoritmo Inside-Out ya que es capaz de resolver una amplia variedad de modelos de forma rápida y eficiente. Este algoritmo realiza cálculos de forma iterativa, se consideran dos bucles en el esquema de convergencia: el bucle interno que se encarga de utilizar el método termodinámico para resolver ecuaciones de especificación de rendimiento y balances de energía; y un bucle externo que se encarga de datos termodinámicos y de entalpías y se calculan los balances de equilibrio en cada plato.

En este equipo la simulación es mucho más laborioso que en los demás, ya que hay que introducir muchas especificaciones. En la paleta de objetos se busca la pestaña de *Column* y se selecciona *Distillation*. Además, hay que crear las dos corrientes de salidas, que simplemente se colocarán en la torre de absorción, sin especificar.

Después se conectan las dos corrientes de entrada, en este caso la corriente 1 del gasoil ligero y la corriente 17 de la amina pobre, y se conectan también las dos de salida que serán la corriente 2 de gasoil ligero desulfurado y la 3 de amina rica, para poder proceder a la especificación la columna.

Al clicar dos veces en la columna saldrá la ventana de la Figura 29, en la que, en primer lugar, se debe introducir el número de platos de la columna en el apartado de *Number of Stages*. Seguidamente se especifica la eficiencia de la etapa clicando en *Tray Efficiencies*, donde se seleccionará Eficiencia de Murphree. A continuación, ya se puede ir accediendo a los apartados que se encuentran a la izquierda de esta misma ventada.

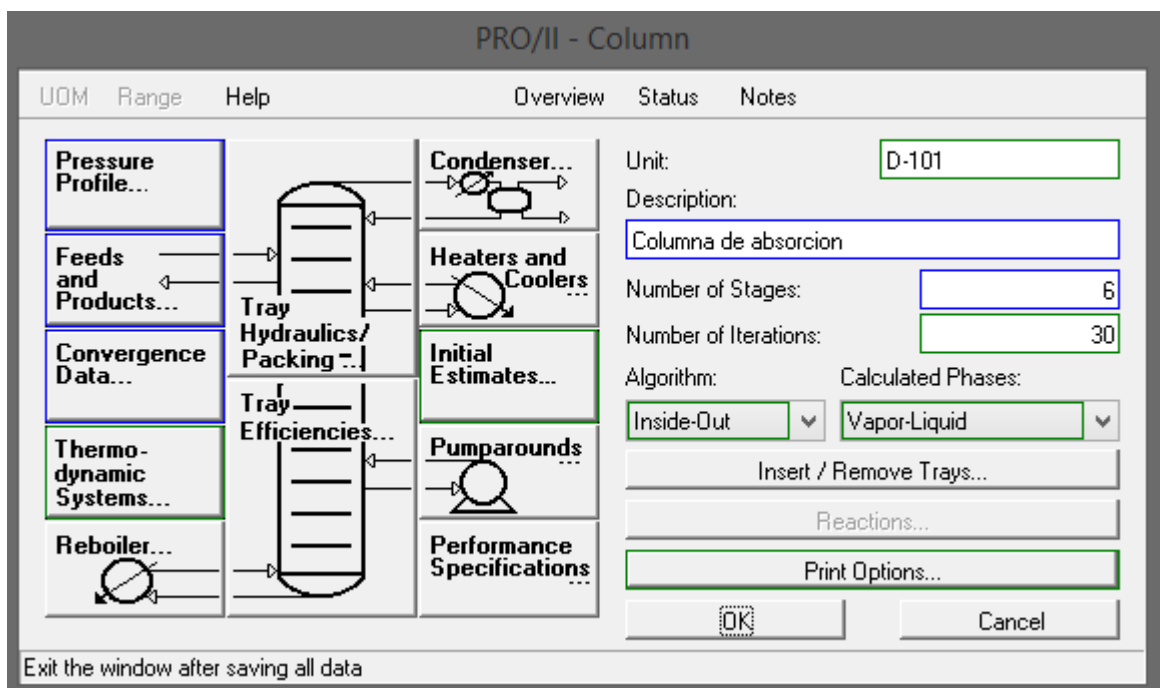


Figura 29:Primera ventana de la columna de absorción

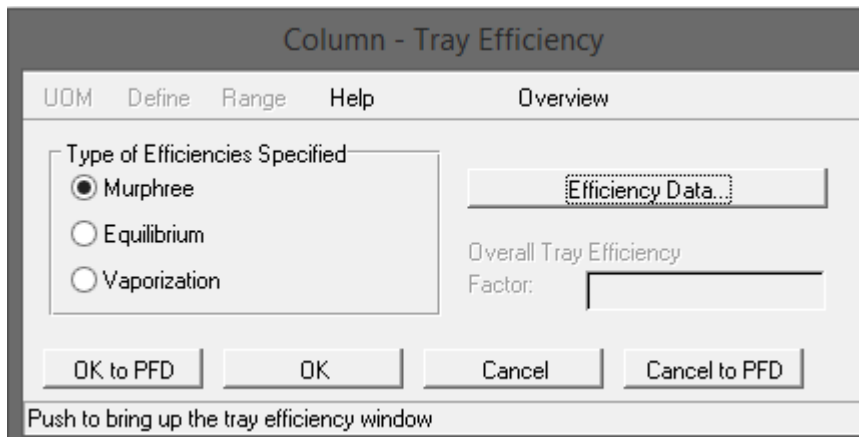


Figura 30: Ventana de selección de eficiencia

Para especificar la presión se accederá a *Pressure Profile* y se deberá elegir entre definir la presión en general o por platos. En este caso se ha elegido en general y por lo tanto hay que introducir la presión en el plato superior y se ha elegido introducir la presión por platos en vez de la presión por columna.

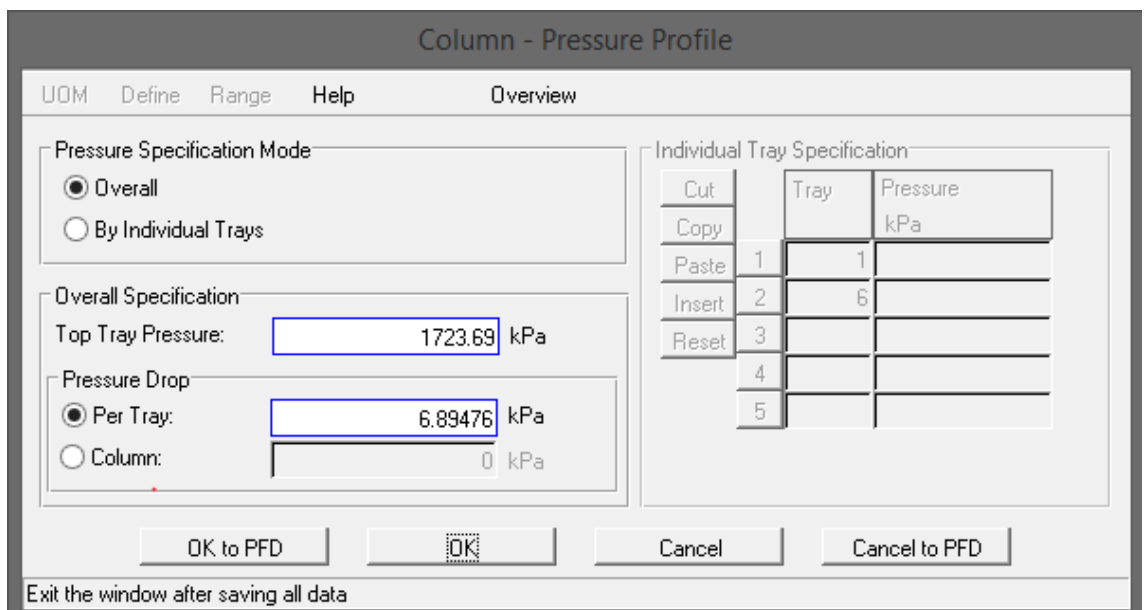


Figura 31: Ventana de especificación de la presión D-101

Además, hay que especificar por donde entra cada corriente y por donde sale, por lo tanto, se accederá al apartado de *Feeds and Products*. La corriente 1 entrará por el plato 6 y la corriente 17 entrará por el plato 1. La corriente de gasoil ligero desulfurado (2) saldrá por la cabeza de la columna (plato 1) y la corriente de amina rica (3) saldrá por la cola (plato 6). Además, se especificará el flujo de salida de la corriente 2.

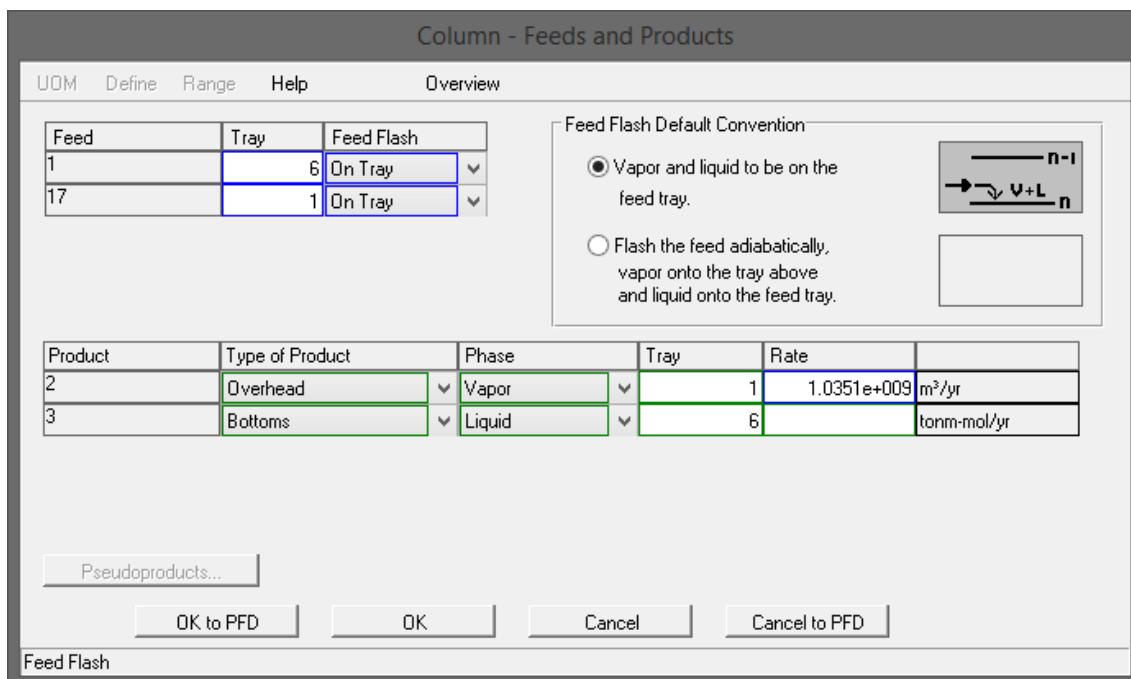


Figura 32: Ventana de especificación de corrientes de alimentación y producto en D-101

En el apartado de *Convergence Data* se especificará el factor de amortiguación (*Damping Factor*), es decir, el factor que define si la convergencia da un resultado correcto o si por el contrario los factores de extracción dan como resultado un aumento de entalpía.

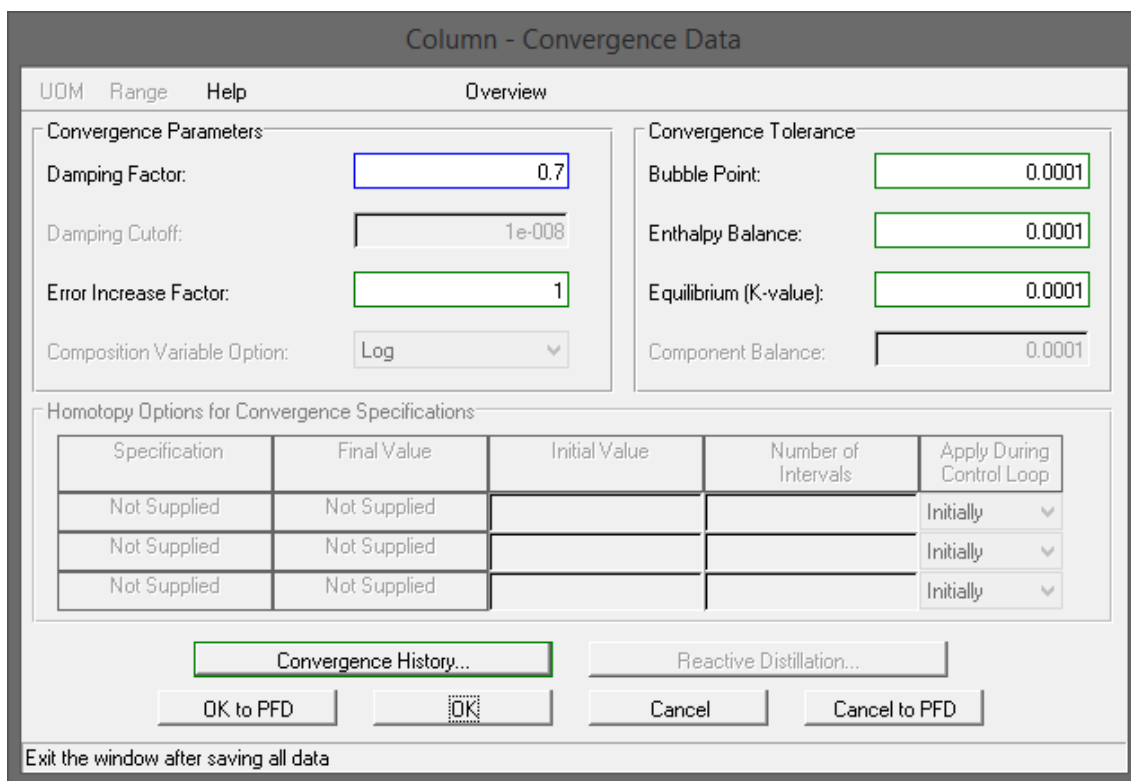


Figura 33: Ventana de Convergence Data de D-101

4.3.10. Columna de destilación D-102

Esta columna realiza el proceso contrario a la columna D-101 debido a que separa del fluido disolvente los compuestos que absorbió.

La simulación se configura prácticamente igual que la columna anterior, como, por ejemplo, que la eficiencia por etapas sigue siendo de Murphree. Sin embargo, se introducen especificaciones de más. Uno de los primeros cambios que se pueden observar es que esta torre tendrá 12 platos.

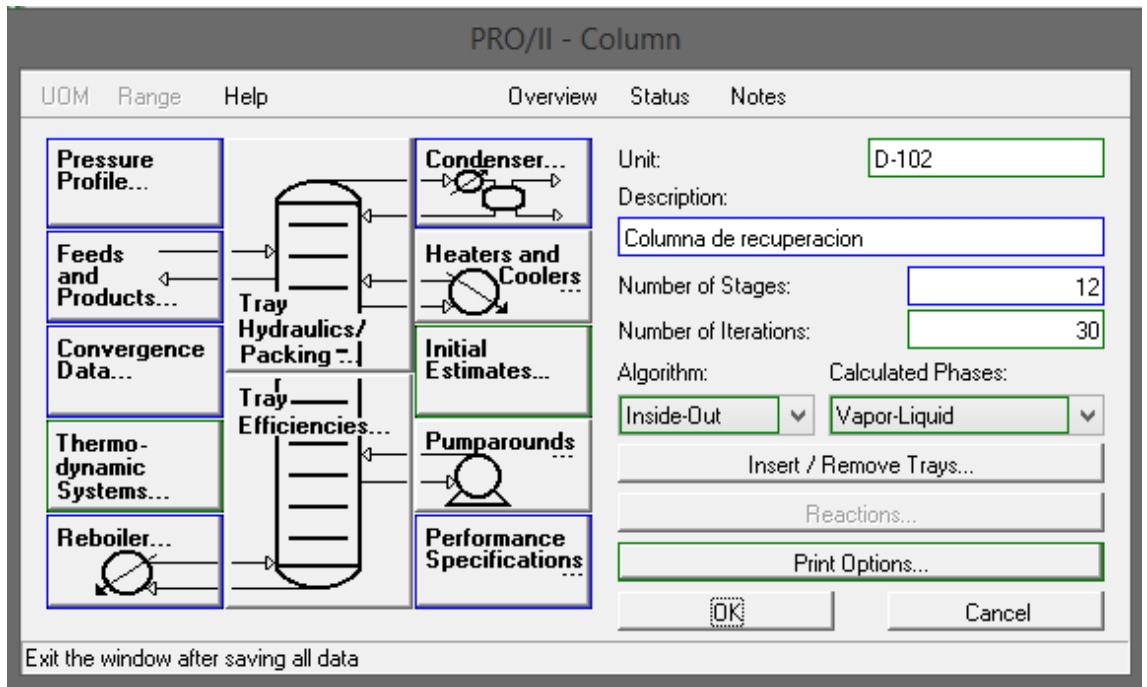


Figura 34: Ventana principal de especificaciones de la D-102

En este caso, la presión se definirá con la presión del plato superior y la presión de la columna.

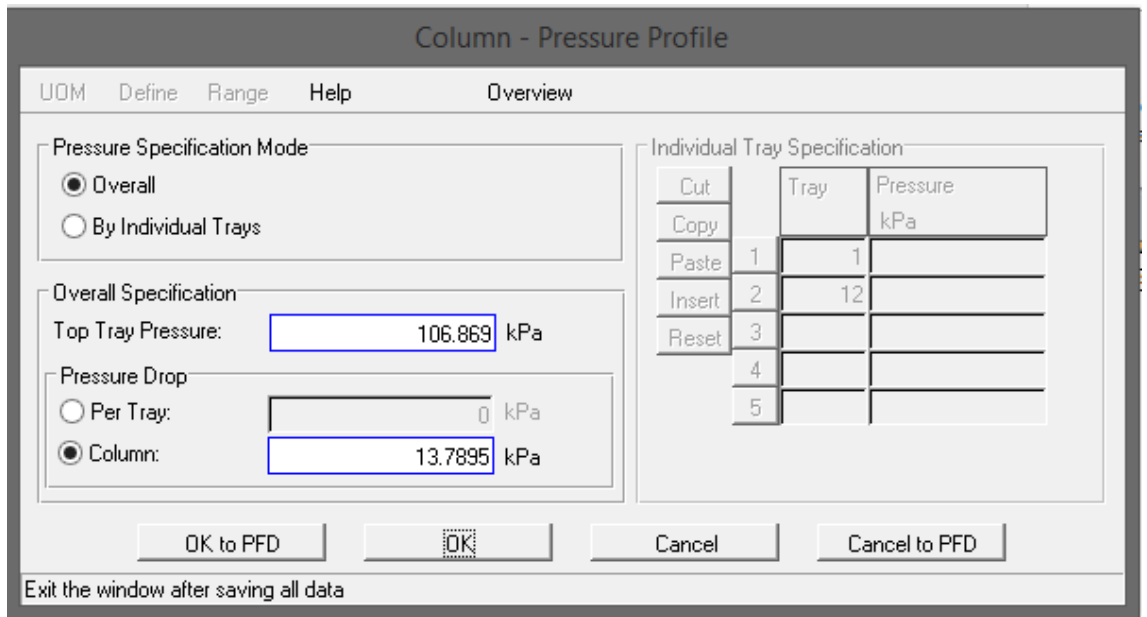


Figura 35: Especificación de la presión de D-102

La corriente de entrada será la corriente 7 que es de amina rica y entrará por el plato 5, señalando en el apartado *Feed Flash* la opción de *Separate*. Los productos serán: por la cola la amina pobre regenerada; y por la cabeza el ácido sulfhídrico junto con CO₂ de la cual se especificará el flujo de salida.

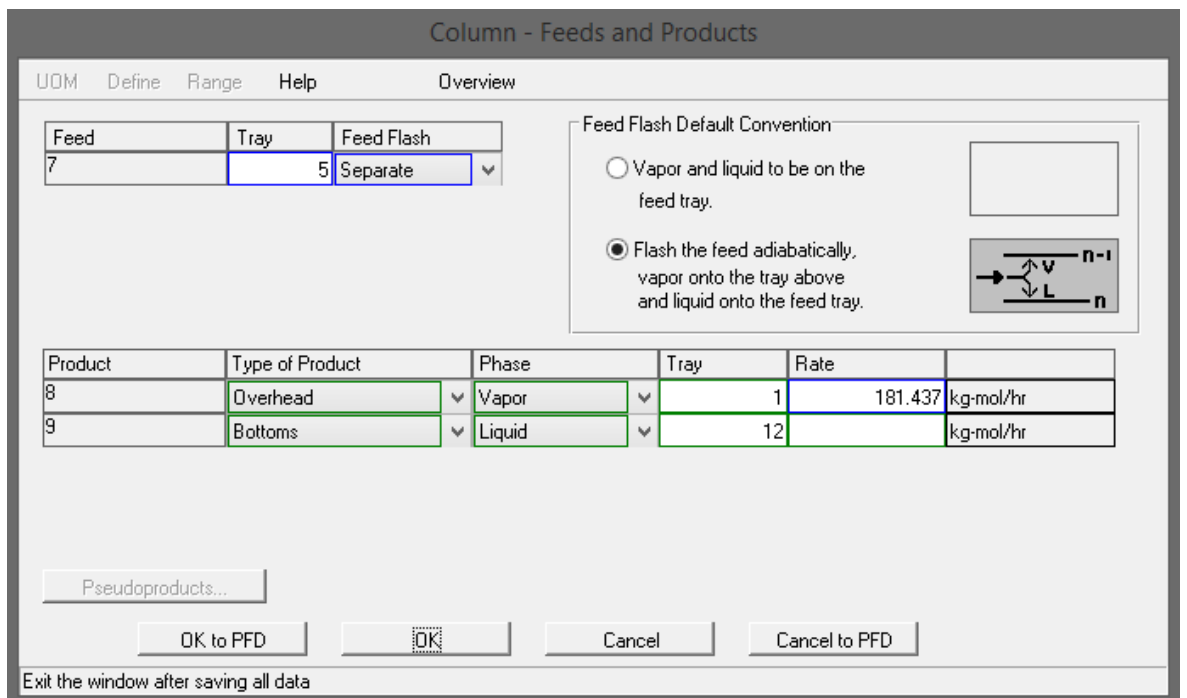


Figura 36: Ventana de especificación de corrientes de alimentación y producto en D-102

El factor de amortiguación en este caso se ha definido en 0,4. Además, se define el apartado de *Condenser*, donde se selecciona la opción de *Partial* y se introduce la presión del condensador.

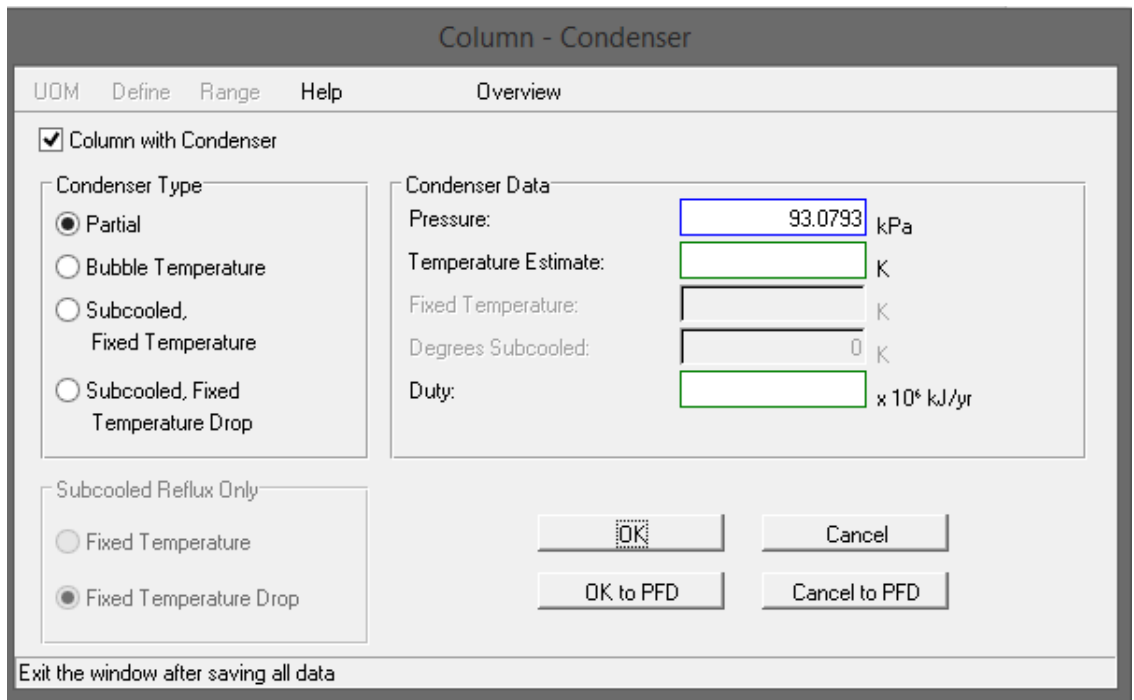


Figura 37: Ventana de definición del condensador de D-102

Por último, se añaden otras especificaciones en el apartado de *Performance Specification*. En primer lugar, se especifica la temperatura del plato 1, que será de 322 K. La segunda especificación será la relación entre el flujo de vapor de todos los componentes en base húmeda del plato 12 y la de la corriente 9.

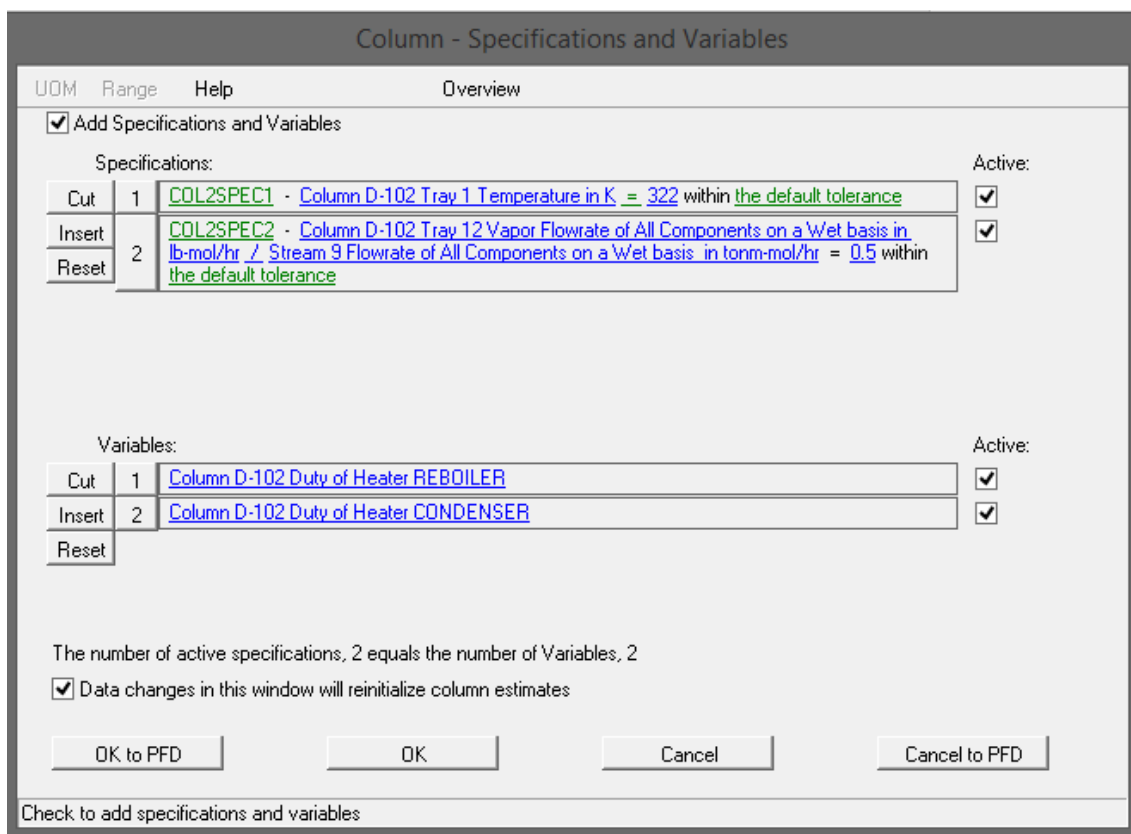


Figura 38: Otras especificaciones de la D-102

4.3.11. Operadores lógicos

Un operador lógico es un módulo que permite realizar cálculos de forma que se ajusten uno o varios parámetros de una corriente o unidad. Dichos cálculos se realizan utilizando la información obtenida del diagrama de flujo del proceso.

En este proyecto se cuenta con la recirculación de la corriente saliente por la columna de destilación, que se introduce de nuevo en la columna de absorción. Se ha de tener en cuenta que lo que se recircula es una parte de los compuestos que se han introducido en el proceso, es decir, existen pérdidas, por lo tanto, se ha de seguir introduciendo algunos de los componentes que se recirculan. La función que tendrán estos operadores lógicos será la de calcular la cantidad de cada compuesto que hay que introducir de nuevo en el proceso.

Para añadir un operador lógico o calculadora, tal y como lo llama el programa, se debe acceder a la barra de objetos, pestaña de *Utilities* e introducir el elemento que se llama *Calculator*.

Al clicar dos veces sobre la calculadora sale la ventana que se puede ver en la ilustración 28. En primer lugar, se puede seleccionar la programación tanto con el Pro-II como con el Excel dentro

del apartado *Calculation Model*. En el apartado *Procedure* será donde se programe las funciones que se desean realizar con esa calculadora.

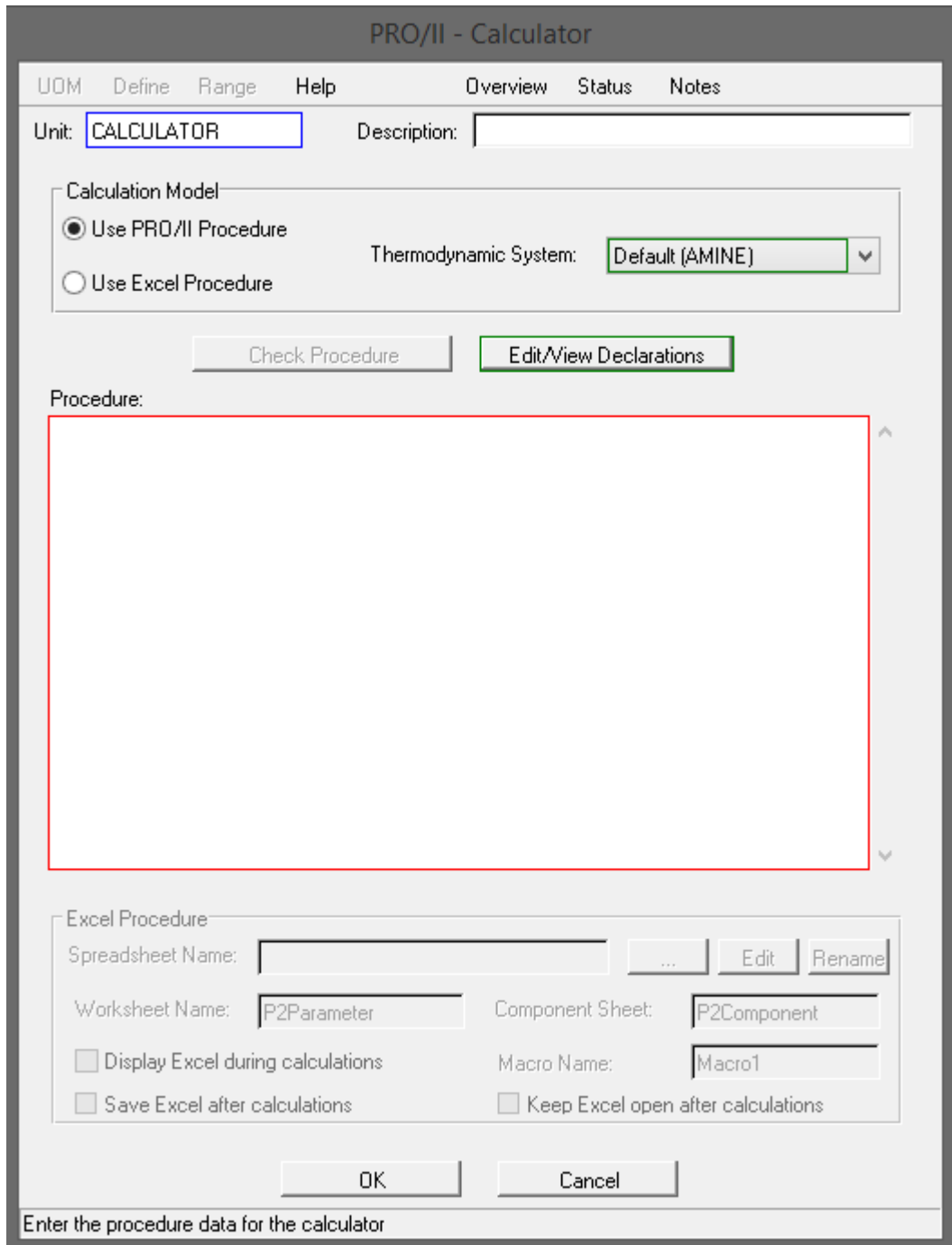


Figura 39: Ventana principal de la calculadora.

4.3.11.1. Calculadora CL-1

Esta calculadora se encargará de calcular la cantidad de amina MDEA que es necesaria introducir al proceso teniendo en cuenta la que se recircula con respecto a la que se introduce.

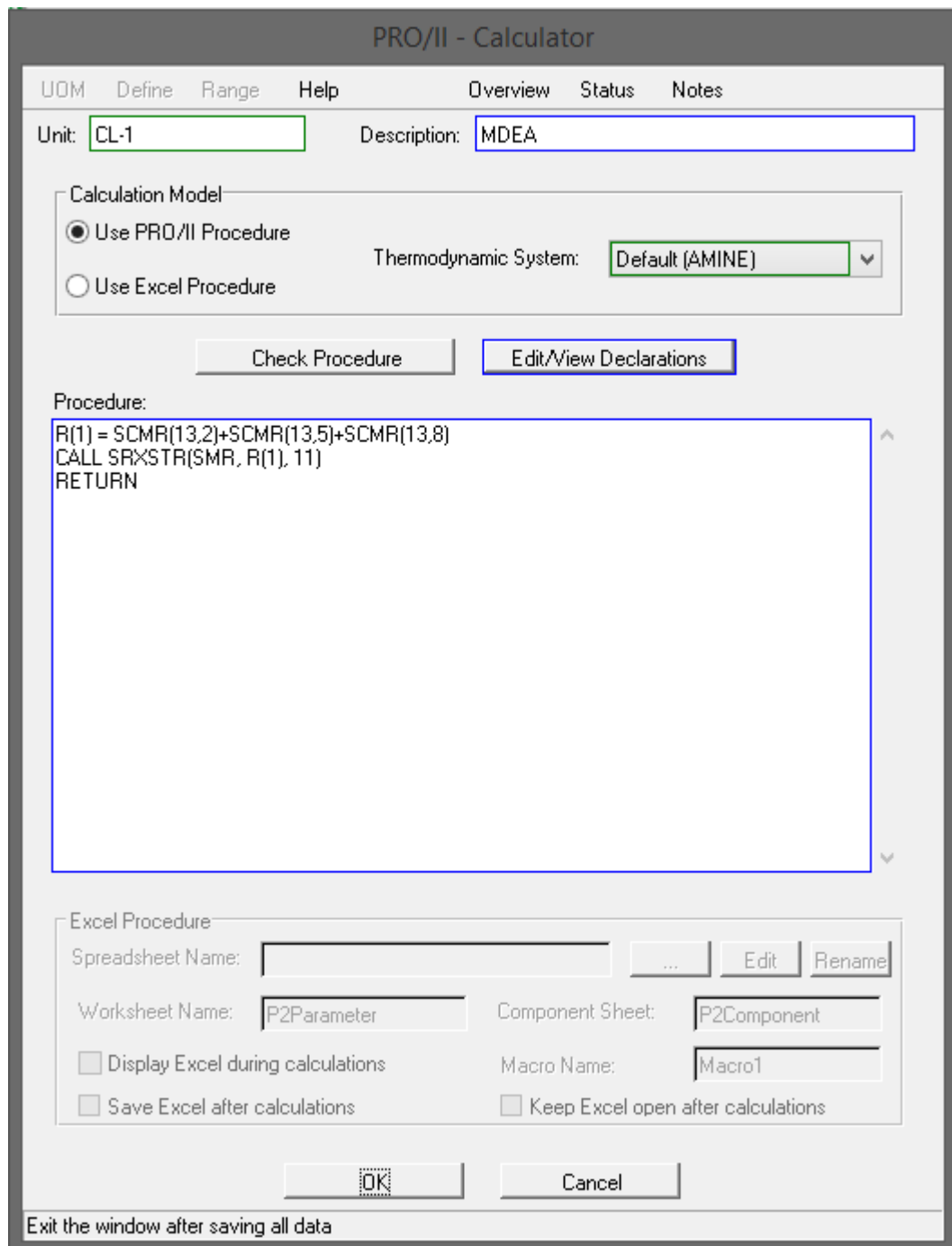


Figura 40: Ventana de CL-1

Se observa que se ha elegido la configuración usando el modelo de Pro-II, y dentro de los comandos utilizados se encuentran:

- R(índice): el valor del índice estará entre el 1 y 200. Es una matriz cuyo resultado es un vector que está disponible para otros módulos externos a los de la calculadora.
- SCMR (cno, sid): flujo molar de un componente en la corriente. El número del componente se coloca en el lugar de “con” y el número de la corriente se coloca en el puesto de “sid”.

- `CALL SRXSTR (type, value, sid)`: se utiliza para almacenar una propiedad del flujo general. “Type” hace referencia a la propiedad, “value” al valor y “sid”, al igual que en el anterior comando, hace referencia a la corriente.
- `SMR(sid)`: flujo molar de una corriente.
- `RETURN`: señala el final del procedimiento de cálculo y tiene que aparecer como última declaración. Sólo se permite utilizar este comando una vez en el procedimiento, y es necesario utilizarlo.

Por lo tanto:

$$R(1) = \text{Flujo molar de MDEA en la corriente 2} + \text{Flujo molar de MDEA en la corriente 5} \\ + \text{Flujo molar de MDEA en la corriente 8}$$

Se podría traducir como:

$$R(1) = SCMR(13,2) + SCMR(13,5) + SCMR(13,8)$$

El flujo molar que se pierde por R(1), o sea, por las corrientes 2, 5 y 8, debe introducirse por la corriente 11.

$$CALL SRXSTR(SMR, R(1), 11)$$

Al clicar en la opción de *Edit/View Declarations* saldrá la opción de *Stream Sequence* donde se seleccionarán las corrientes que se encuentran involucradas en el proceso. Simplemente hay que seleccionar desde la ventana de *Available Streams* la corriente que interesa y añadirla a la ventana de *Selected Streams*.

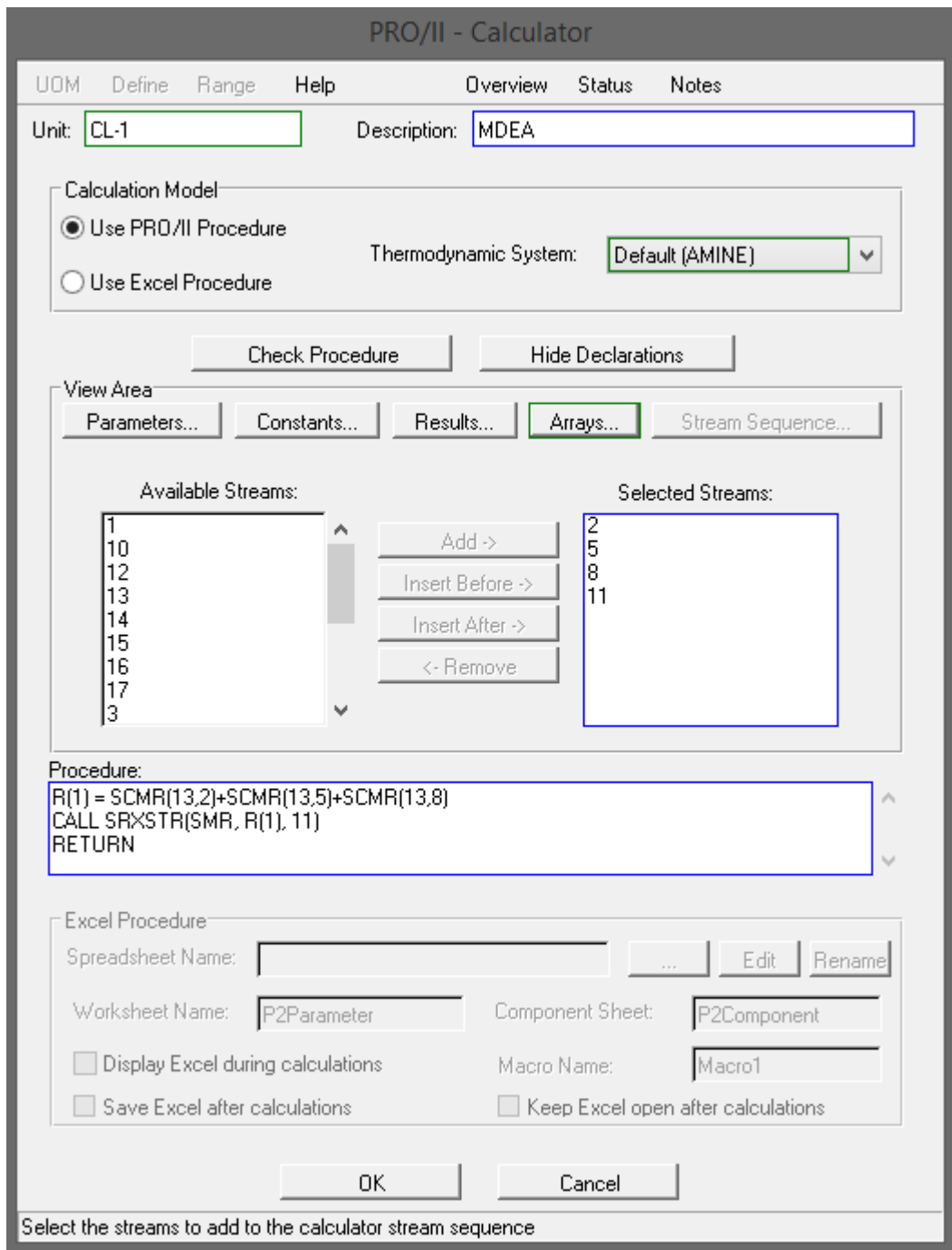


Figura 41: Ventana de selección de corrientes CL-1

4.3.11.2. Calculadora CL-2

Tiene la misma función que la CL-1, pero en vez ocuparse del componente MDEA, se ocupa del agua. Su función será, por lo tanto, calcular la cantidad de H₂O que es necesaria introducir al proceso teniendo en cuenta la que se recircula con respecto a la que se introduce.

Los comandos que se utilizan en esta calculadora son los mismos que en la CL-1: R(índice), SCMR (cno, sid), CALL SRXSTR (type, value, sid), y RETURN.

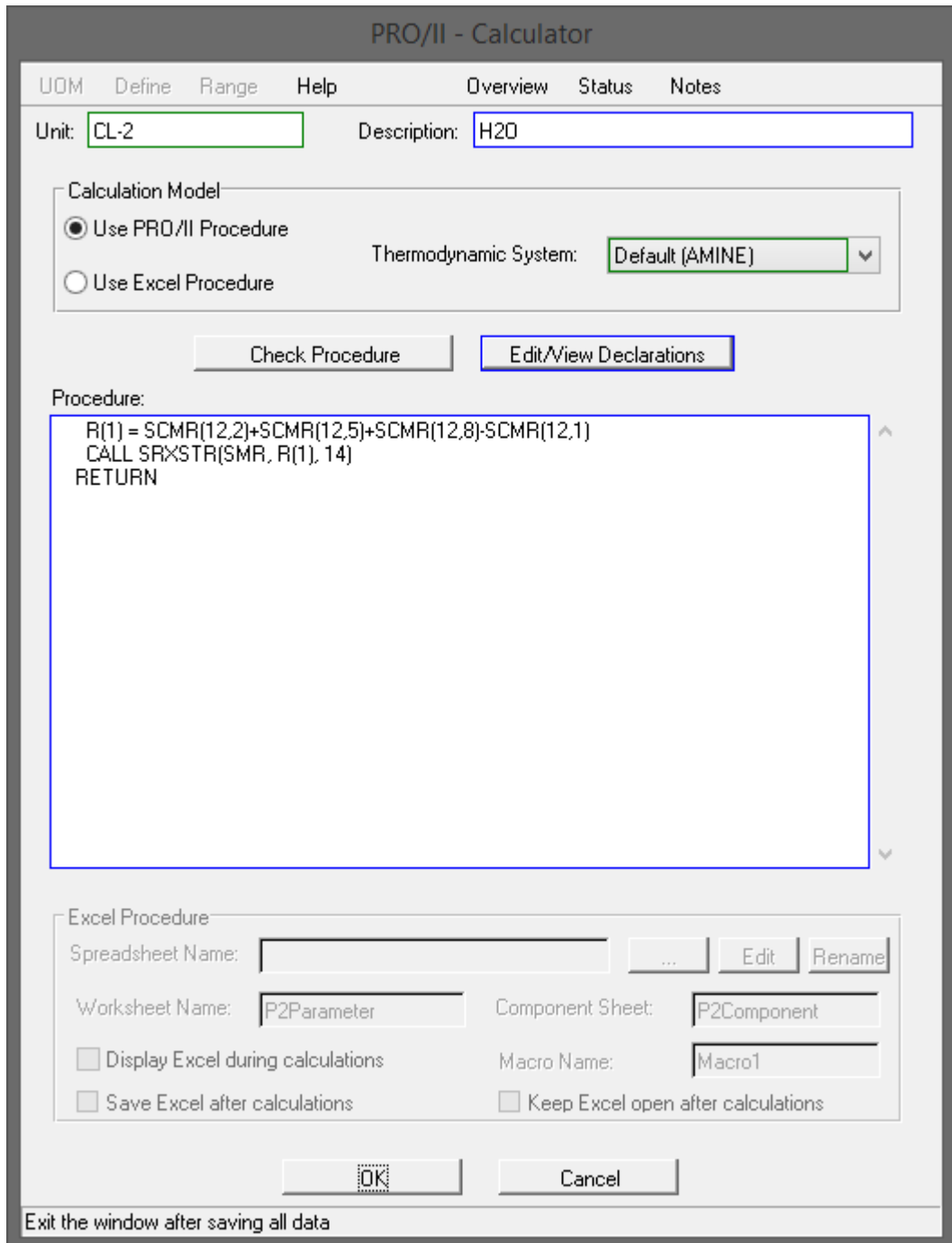


Figura 42: Ventana de CL-2

Por lo tanto:

$$R(1) = \text{Flujo molar de H}_2\text{O en la corriente 2} + \text{Flujo molar de H}_2\text{O en la corriente 5} \\ + \text{Flujo molar de H}_2\text{O en la corriente 8} \\ - \text{Flujo molar de H}_2\text{O en la corriente 1}$$

Se podría traducir como:

$$R(1) = SCMR(12,2) + SCMR(12,5) + SCMR(12,8) - SCMR(12,1)$$

El flujo molar que se pierde por R(1) sin contar con el que se introduce por la corriente 1, o sea, por las corrientes 2, 5 y 8, debe introducirse por la corriente 14.

$$CALL SRXSTR(SMR, R(1), 14)$$

4.3.11.3. Calculadora CL-3

Este caso es completamente diferente a los anteriores ya que se ocupa de controlar el caudal de agua de las corrientes A1 y A2.

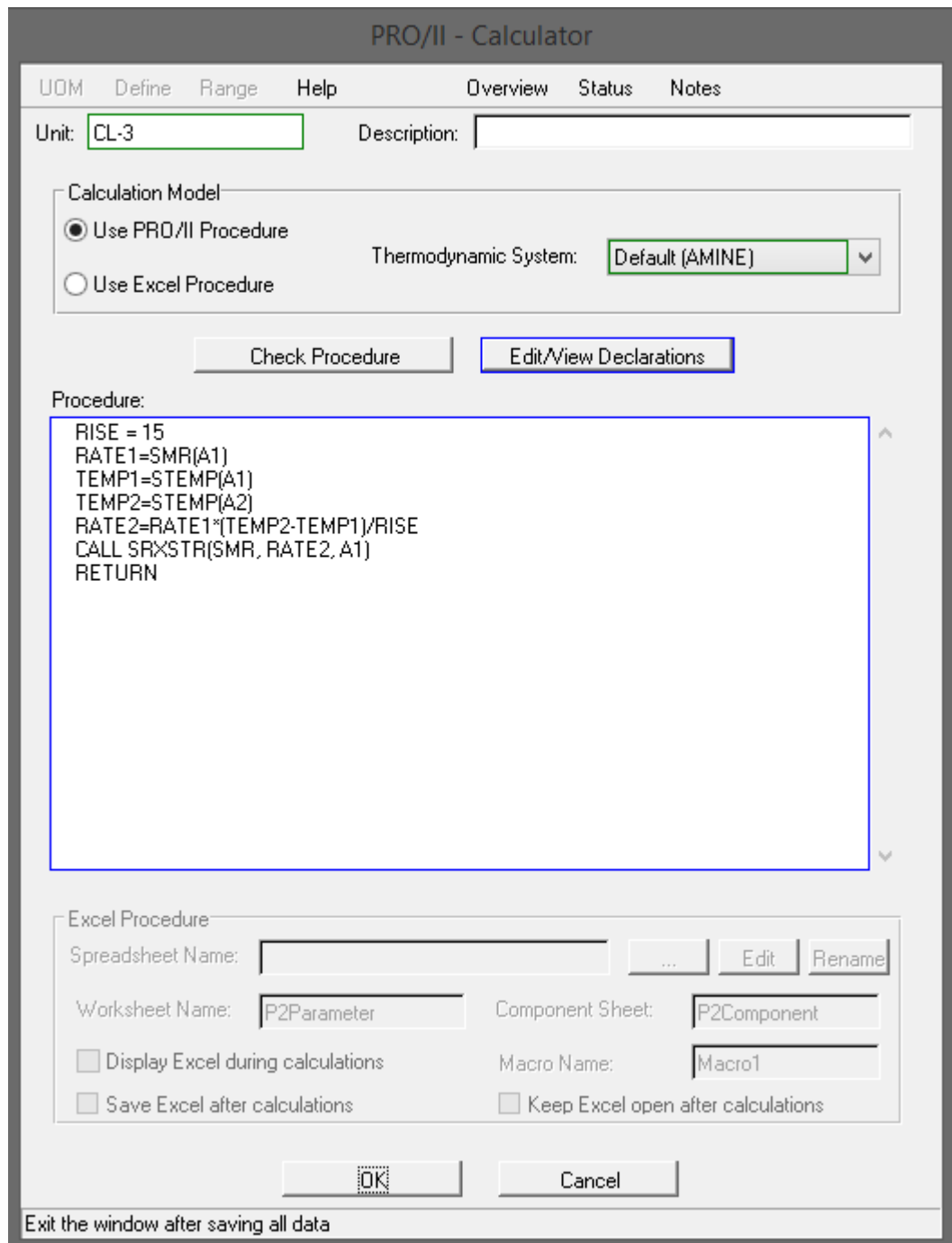


Figura 43: Ventana de CL-3

Los comandos utilizados en este caso son algunos de los explicados anteriormente y otros distintos y están más vinculados a las temperaturas. Estos comandos nuevos son los siguientes:

- RISE se define como una constante.
- STEMP(sid): temperatura de una corriente.
- RATE1, TEMP1 y TEMP2 son funciones que se definen con los comandos anteriores.

$$RISE = 15 \rightarrow Constante = 15$$

$RATE1 = SMR(A1) \rightarrow RATE1 = \text{flujo molar de la corriente A1}$

$TEMP1 = STEMP(A1) \rightarrow TEMP1 = \text{temperatura de la corriente A1}$

$TEMP2 = STEMP(A2) \rightarrow TEMP2 = \text{temperatura de la corriente A2}$

$$RATE2 = \frac{RATE1 \cdot (TEMP2 - TEMP1)}{RISE}$$

$CALL\ SRXSTR(SMR, RATE2, A1)$

Significa que el flujo molar que sale por A2, debe ser igual flujo molar de la corriente A1 teniendo en cuenta las temperaturas tanto de una corriente como de la otra y el flujo molar de A1.

5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PROCESO

5.1. Resumen

Este capítulo muestra los resultados de forma detallada de la simulación además de los de cada corriente.

5.2. Resultados de las corrientes

Si se desea obtener los resultados de las corrientes, hay que añadir, desde la paleta de objetos, la propiedad que se denomina *Stream Properties*.

Para elegir los resultados que se desean obtener, se hace doble clic en el objeto que se acaba de añadir. En el apartado de *Property List to be used* se puede elegir entre otros: *Property Label List*, *Material Balance List*, *Composition Weight Rate...* En el apartado de *Available Streams* se seleccionarán las que se desean ver.

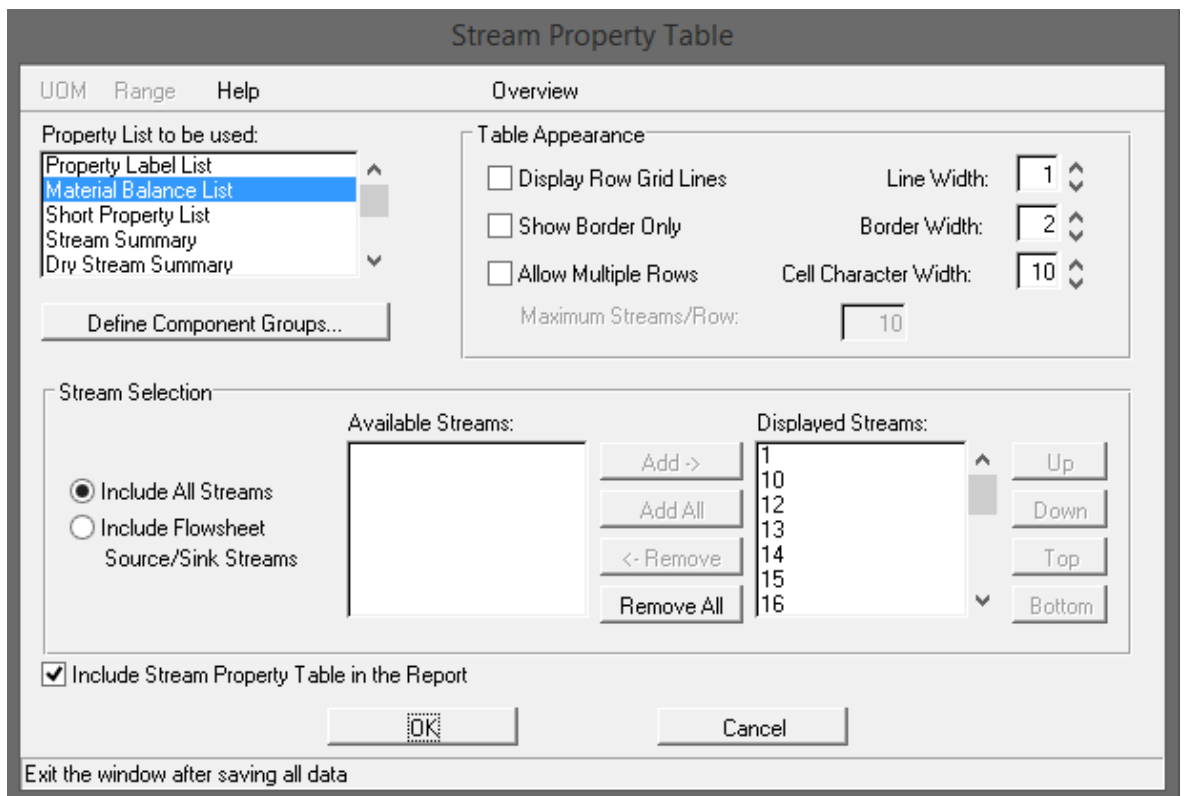


Figura 44: Ventana de Stream Property Table

Tabla 28. Resultado molar de las corrientes

| Stream Name Stream Description | 1 Gasoil ligero/Gaspol ligero desulfurado/Amina rica | | 2 Vapor | | 3 Líquido/Amina rica | | 4 Mixed | | 5 Flash Gas | | 6 Liquid | | 7 Mixed | | 8 Gas azufrado | | 9 Amina recuperada | | 10 | | |
|-----------------------------------|---|----------|------------|----------|-------------------------|----------|------------|----------|----------------|----------|-------------|----------|------------|----------|-------------------|----------|-----------------------|--|----|--|--|
| | Phase | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperature | K | 310,928 | 319,274 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 319,833 | 349,237 | 322,039 | 378,899 | 349,817 | | | | |
| Pressure | KPA | 1758,164 | 1723,690 | 1758,164 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 111,006 | 93,079 | 120,658 | 120,658 | | | | |
| Flowrate | KG-MOL/HR | 331,397 | 320,125 | 7246,356 | 7246,356 | 7246,356 | 7246,356 | 7246,356 | 2,911 | 7243,445 | 7243,445 | 7243,445 | 7243,445 | 7243,445 | 11,795 | 7231,649 | 7231,649 | | | | |
| Composition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 | | 0.014 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.383 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| HYSULFID | | 0.017 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.477 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| METHANE | | 0.881 | 0.904 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.798 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.012 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| ETHANE | | 0.064 | 0.068 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.082 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| PROPANE | | 0.017 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| IBUTANE | | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| BUTANE | | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| IPENTANE | | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| PENTANE | | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| HEXANE | | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| HEPTANE | | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | | |
| H2O | | 0.000 | 0.006 | 0.972 | 0.972 | 0.972 | 0.972 | 0.972 | 0.092 | 0.972 | 0.972 | 0.972 | 0.972 | 0.972 | 0.125 | 0.974 | 0.974 | | | | |
| MDEA | | 0.000 | 0.000 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.000 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.000 | 0.026 | 0.026 | | | | |

| Stream Name Stream Description | 11 MDEA | | 12 | | 13 | | 14 Agua | | 15 | | 16 | | 17 Amina pobre | | S1 | | S2 | | A1 | | A2 | |
|-----------------------------------|------------|---------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----|--|
| | Phase | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperature | K | 305,372 | 349,817 | 338,706 | 338,718 | 338,718 | 338,718 | 338,718 | 339,345 | 339,345 | 339,345 | 339,345 | 319,261 | 319,261 | 300,000 | 312,400 | 294,261 | 312,400 | 294,261 | 309,261 | | |
| Pressure | KPA | 106,969 | 101,353 | 101,353 | 101,353 | 101,353 | 101,353 | 101,353 | 1792,638 | 1792,638 | 1792,638 | 1792,638 | 1792,638 | 1792,638 | 300,000 | 300,000 | 102,042 | 300,000 | 102,042 | 102,042 | | |
| Flowrate | KG-MOL/HR | 0,000 | 7231,649 | 7231,649 | 7231,649 | 7231,649 | 3,435 | 7235,084 | 7235,084 | 7235,084 | 7235,084 | 7235,084 | 7235,084 | 7235,084 | 7000,000 | 7000,000 | 10423,125 | 7000,000 | 10423,125 | 10423,125 | | |
| Composition | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| HYSULFID | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| METHANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| ETHANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| PROPANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| IBUTANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| BUTANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| IPENTANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| PENTANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| HEXANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| HEPTANE | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| H2O | | 0.000 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 1.000 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 0.974 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | | |
| MDEA | | 1.000 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.000 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | |

Tabla 29: Resultado másico de las corrientes. (1)

| Stream Name Stream Description Phase | 1 Gasoil ligero | | 2 Gasoil ligero desulfurado | | 3 Amina rica | | 4 Mixed | | 5 Flash Gas | | 6 Liquid | | 7 Mixed | | 8 Gas azufrado | | 9 Amina recuperada | | 10 Liquid | | | |
|--|--------------------|-----------|--------------------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|----------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--|
| | Vapor | Vapor | Vapor | Vapor | Liquid | Liquid | Mixed | Mixed | Vapor | Vapor | Liquid | Liquid | Mixed | Mixed | Vapor | Vapor | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | | |
| Temperature | 310,9278 | 319,2737 | 319,8669 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | 319,8327 | |
| Pressure | 1758,1638 | 1723,6900 | 1758,1638 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | 111,0056 | |
| Enthalpy | 1,7757 | 1,7921 | 26,8569 | 26,8569 | 26,8569 | 26,8569 | 26,8569 | 26,8569 | 0,0283 | 0,0283 | 26,8286 | 26,8286 | 44,0807 | 44,0807 | 0,2381 | 0,2381 | 62,0474 | 62,0474 | 62,0474 | 62,0474 | 62,0474 | |
| Molecular Weight | 18,4546 | 17,8177 | 20,6702 | 20,6702 | 20,6702 | 20,6702 | 20,6702 | 20,6702 | 18,3073 | 18,3073 | 20,6711 | 20,6711 | 20,6711 | 20,6711 | 35,6482 | 35,6482 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | |
| Vapor Weight Fraction | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| Liquid Weight Fraction | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 0,9996 | 0,9996 | 1,0000 | 0,9996 | 0,9996 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | |
| Total Mass Rate | 6115,788 | 5703,952 | 149783,353 | 149783,353 | 149783,353 | 149783,353 | 149783,353 | 149783,353 | 53,297 | 53,297 | 149730,056 | 149730,056 | 149730,056 | 149730,056 | 420,478 | 420,478 | 149309,578 | 149309,578 | 149309,578 | 149309,578 | 149309,578 | |
| Total Weight Comp. Rates | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 | 198,9894 | 0,0000 | 198,9896 | 198,9896 | 198,9896 | 198,9896 | 198,9896 | 198,9896 | 0,3085 | 0,3085 | 198,6811 | 198,6811 | 198,6811 | 198,6811 | 198,6809 | 198,6809 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | |
| HY/SULFID | 191,9200 | 0,0084 | 223,8584 | 223,8584 | 223,8584 | 223,8584 | 223,8584 | 223,8584 | 0,1094 | 0,1094 | 223,7489 | 223,7489 | 223,7489 | 223,7489 | 191,8007 | 191,8007 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | |
| METHANE | 4683,8123 | 4644,2591 | 39,5532 | 39,5532 | 39,5532 | 39,5532 | 39,5532 | 39,5532 | 37,2573 | 37,2573 | 2,2959 | 2,2959 | 2,2959 | 2,2959 | 2,2959 | 2,2959 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| ETHANE | 638,4602 | 630,5958 | 7,8643 | 7,8643 | 7,8643 | 7,8643 | 7,8643 | 7,8643 | 7,1735 | 7,1735 | 0,6908 | 0,6908 | 0,6908 | 0,6908 | 0,6908 | 0,6908 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| PROPANE | 249,9205 | 247,4209 | 2,4995 | 2,4995 | 2,4995 | 2,4995 | 2,4995 | 2,4995 | 2,3083 | 2,3083 | 0,1912 | 0,1912 | 0,1912 | 0,1912 | 0,1912 | 0,1912 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| IBUTANE | 34,8478 | 34,5970 | 0,2507 | 0,2507 | 0,2507 | 0,2507 | 0,2507 | 0,2507 | 0,2360 | 0,2360 | 0,0147 | 0,0147 | 0,0147 | 0,0147 | 0,0147 | 0,0147 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| BUTANE | 46,0148 | 45,2362 | 0,7786 | 0,7786 | 0,7786 | 0,7786 | 0,7786 | 0,7786 | 0,6705 | 0,6705 | 0,1081 | 0,1081 | 0,1081 | 0,1081 | 0,1081 | 0,1081 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| IPENTANE | 16,4907 | 16,3503 | 0,1405 | 0,1405 | 0,1405 | 0,1405 | 0,1405 | 0,1405 | 0,1302 | 0,1302 | 0,0103 | 0,0103 | 0,0103 | 0,0103 | 0,0103 | 0,0103 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| PENTANE | 16,9685 | 16,8387 | 0,1298 | 0,1298 | 0,1298 | 0,1298 | 0,1298 | 0,1298 | 0,1212 | 0,1212 | 0,0087 | 0,0087 | 0,0087 | 0,0087 | 0,0087 | 0,0087 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| HEXANE | 15,4143 | 15,2959 | 0,1184 | 0,1184 | 0,1184 | 0,1184 | 0,1184 | 0,1184 | 0,1100 | 0,1100 | 0,0084 | 0,0084 | 0,0084 | 0,0084 | 0,0084 | 0,0084 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| HEPTANE | 20,2471 | 20,1784 | 0,0688 | 0,0688 | 0,0688 | 0,0688 | 0,0688 | 0,0688 | 0,0664 | 0,0664 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0023 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| H2O | 2,7027 | 33,1067 | 126908,1789 | 126908,1789 | 126908,1789 | 126908,1789 | 126908,1789 | 126908,1789 | 4,8050 | 4,8050 | 126903,3740 | 126903,3740 | 126903,3740 | 126903,3740 | 26,6662 | 26,6662 | 126876,7078 | 126876,7078 | 126876,7078 | 126876,7078 | 126876,7078 | |
| MDEA | 0,0000 | 0,0042 | 22400,9222 | 22400,9222 | 22400,9222 | 22400,9222 | 22400,9222 | 22400,9222 | 0,0006 | 0,0006 | 22400,9216 | 22400,9216 | 22400,9216 | 22400,9216 | 0,0000 | 0,0000 | 22400,9216 | 22400,9216 | 22400,9216 | 22400,9216 | 22400,9216 | |

Tabla 30: Resultado másico de las corrientes. (2)

| Stream Name Stream Description Phase | 11 MDEA | | 12 | | 13 | | 14 Agua | | 15 | | 16 | | 17 Amina pobre | | S1 | | S2 | | A1 | | A2 | | |
|--|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | Liquid | |
| Temperature | 305,3722 | 349,8167 | 338,7056 | 338,7178 | 338,7178 | 338,7178 | 386,4833 | 338,7178 | 338,7178 | 338,7178 | 338,7178 | 339,3446 | 319,2611 | 300,0000 | 300,0000 | 300,0000 | 312,3988 | 300,0000 | 294,2611 | 309,2611 | 309,2611 | 309,2611 | |
| Pressure | 106,8688 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 101,3530 | 1792,6376 | 1792,6376 | 300,0000 | 300,0000 | 300,0000 | 300,0000 | 300,0000 | 102,0424 | 102,0424 | 102,0424 | 102,0424 | |
| Enthalpy | 0,0000 | 44,7953 | 38,2602 | 38,2602 | 38,2602 | 38,2602 | 0,0242 | 38,2602 | 38,2602 | 38,2602 | 38,2602 | 38,6526 | 26,8733 | 14,2241 | 14,2241 | 14,2241 | 20,7591 | 20,7591 | 16,6695 | 28,4488 | 28,4488 | 28,4488 | |
| Molecular Weight | 119,1637 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 18,0153 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 20,6467 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | 18,0153 | |
| Vapor Weight Fraction | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| Liquid Weight Fraction | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | |
| Total Mass Rate | 0,005 | 149309,583 | 149309,583 | 149309,583 | 149309,583 | 149309,583 | 61,875 | 149371,458 | 149371,458 | 149371,458 | 149371,458 | 149371,458 | 149371,458 | 126106,958 | 126106,958 | 126106,958 | 126106,958 | 126106,958 | 187775,514 | 187775,514 | 187775,514 | 187775,514 | |
| Total Weight Comp. Rates | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CO2 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| HYSULFID | 0,0000 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 0,0000 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 31,9482 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| METHANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| ETHANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| PROPANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| IBUTANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| BUTANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| IPENTANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| PENTANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| HEXANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| HEPTANE | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |
| H2O | 0,0000 | 126876,7078 | 126876,7078 | 126876,7078 | 126876,7078 | 126876,7078 | 61,8752 | 126938,5830 | 126938,5830 | 126938,5830 | 126938,5830 | 126938,5830 | 126938,5830 | 126106,9584 | 126106,9584 | 126106,9584 | 126106,9584 | 126106,9584 | 187775,5137 | 187775,5137 | 187775,5137 | 187775,5137 | |
| MDEA | 0,0048 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 0,0000 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 22400,9264 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | |

5.3.Flash V-101

Tabla 31: Resultados de V-101

| Resultados | | |
|---|-------------------|------------|
| Flujo total | | |
| P | kPa | 111 |
| T | K | 319,83 |
| Flujo molar total | kmol/h | 7246,356 |
| Flujo total de masa | kg/h | 149783,354 |
| Flujo real de volumen de líquido | m ³ /h | 151,477 |
| Flujo real de volumen de vapor | m ³ /h | 69,582 |
| Características | | |
| V_T (velocidad total) | m/s | 0,371 |
| Orientación | | Vertical |
| Tipo de cabeza | | Elipsoidal |
| D_v (diámetro vertical del recipiente) | m | 2,632 |
| D_b (diámetro estimado de la boquilla) | m | 0,167 |
| H_L (altura nivel bajo de líquido) | m | 0,152 |
| H_H (altura nivel alto de líquido) | m | 6,961 |
| L/D | m | 5,90 |
| H_T (altura total) | m | 15,55 |
| V_T (Volumen total) | m ³ | 89 |

5.4.Intercambiadores de calor

Tabla 32: Resultados de los intercambiadores de calor

| Resultados | | | | |
|--|-------|--------------|--------------|--------------|
| | | E-101 | E-102 | E-103 |
| Calor intercambiado | MkJ/h | 17,25 | 6,54 | 11,78 |
| ΔT Salida caliente-entrada fría | K | 29,99 | 38,71 | 25 |
| ΔT Entrada caliente-salida fría | K | 29,67 | 37,42 | 30,25 |
| T producto del lado caliente | K | 349,82 | 338,71 | 319,26 |
| T producto de lado frío | K | 349,23 | 312,40 | 309,26 |
| Factor FT (LMTD) | | 1 | 0,98 | 0,93 |
| Intercambiador LMTD general | K | 29,82 | 38,06 | 27,46 |

5.5. Bomba L-101 A/B

Tabla 33: Resultados de L-101

| Resultados | | |
|------------------------------------|-------------------|---------|
| P_{salida} | kPa | 1792,64 |
| ΔP | kPa | 1691,29 |
| P_{entrada} | kPa | 101,35 |
| Relación de presión | | 17,69 |
| Flujo volumétrico de salida | m ³ /h | 152,42 |
| Trabajo del eje | kW | 102,26 |
| T_{salida} | K | 339,35 |
| Eficiencia mecánica | % | 100 |
| Eficiencia global | % | 70 |

5.6. Columna de absorción D-101

Tabla 34: Resultados de D-101

| Resultados | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Plato | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| P | kPa | 1723,69 | 1730,58 | 1737,48 | 1744,37 | 1751,27 | 1758,16 | |
| T | K | 319,27 | 319,27 | 319,27 | 319,27 | 319,30 | 319,86 | |
| Alimentación | kmol/h | 7235,1 | | | | | | 331,4 |
| Producto | kmol/h | 320,1 | | | | | | 7246,4 |
| Fracción molar de líquido | | 0,958 | 0,957 | 0,957 | 0,957 | 0,957 | 0,957 | |
| Propiedades fase vapor | | | | | | | | |
| Flujo molar | kmol/h | 320,12 | 322,85 | 322,85 | 322,86 | 322,86 | 322,99 | |
| Flujo de vapor real | m ³ /h | 479,50 | 481,60 | 479,64 | 477,69 | 475,81 | 475,02 | |
| Flujo de vapor estándar | m ³ /h | 7583,89 | 7648,47 | 7648,55 | 7648,62 | 7648,75 | 7651,74 | |
| Entalpía | kJ/kg | 314,18 | 314,13 | 314,00 | 313,88 | 313,83 | 315,40 | |
| Calor específico | kJ/(kg·k) | 2,29 | 2,29 | 2,29 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | |
| Propiedades fase líquida | | | | | | | | |
| Flujo molar | kmol/h | 7237,81 | 7237,81 | 7237,82 | 7237,82 | 7237,95 | 7246,36 | |
| Flujo de vapor real | m ³ /h | 151,04 | 151,04 | 151,04 | 151,04 | 151,05 | 151,76 | |
| Flujo de vapor estándar | m ³ /h | 148,76 | 148,76 | 148,76 | 148,76 | 148,76 | 149,22 | |
| Entalpía | kJ/kg | 179,94 | 179,95 | 179,95 | 179,95 | 180,01 | 179,29 | |
| Calor específico | kJ/(kg·k) | 3,93 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | |

5.6.1. Fracciones molares D-101

Tabla 35: Fracción molar de vapor por plato en D-101

| Fracción molar de vapor por plato | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| CO ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $1,53 \cdot 10^{-04}$ |
| H ₂ S | $7,74 \cdot 10^{-07}$ | $7,71 \cdot 10^{-07}$ | $7,68 \cdot 10^{-07}$ | $7,65 \cdot 10^{-07}$ | $8,66 \cdot 10^{-07}$ | $6,98 \cdot 10^{-05}$ |
| CH ₄ | $9,04 \cdot 10^{-01}$ | $9,04 \cdot 10^{-01}$ | $9,04 \cdot 10^{-01}$ | $9,04 \cdot 10^{-01}$ | $9,04 \cdot 10^{-01}$ | $9,04 \cdot 10^{-01}$ |
| C ₂ H ₆ | $6,55 \cdot 10^{-02}$ | $6,57 \cdot 10^{-02}$ | $6,57 \cdot 10^{-02}$ | $6,57 \cdot 10^{-02}$ | $6,58 \cdot 10^{-02}$ | $6,57 \cdot 10^{-02}$ |
| C ₃ H ₈ | $1,75 \cdot 10^{-02}$ | $1,75 \cdot 10^{-02}$ | $1,75 \cdot 10^{-02}$ | $1,76 \cdot 10^{-02}$ | $1,76 \cdot 10^{-02}$ | $1,75 \cdot 10^{-02}$ |
| Isobutano | $1,86 \cdot 10^{-03}$ | $1,86 \cdot 10^{-03}$ | $1,86 \cdot 10^{-03}$ | $1,86 \cdot 10^{-03}$ | $1,86 \cdot 10^{-03}$ | $1,86 \cdot 10^{-03}$ |
| Butano | $2,43 \cdot 10^{-03}$ | $2,45 \cdot 10^{-03}$ | $2,45 \cdot 10^{-03}$ | $2,45 \cdot 10^{-03}$ | $2,45 \cdot 10^{-03}$ | $2,45 \cdot 10^{-03}$ |
| Ipentano | $7,08 \cdot 10^{-04}$ | $7,08 \cdot 10^{-04}$ | $7,08 \cdot 10^{-04}$ | $7,08 \cdot 10^{-04}$ | $7,08 \cdot 10^{-04}$ | $7,07 \cdot 10^{-04}$ |
| Pentano | $7,29 \cdot 10^{-04}$ | $7,28 \cdot 10^{-04}$ | $7,28 \cdot 10^{-04}$ | $7,28 \cdot 10^{-04}$ | $7,28 \cdot 10^{-04}$ | $7,28 \cdot 10^{-04}$ |
| Hexano | $5,54 \cdot 10^{-04}$ | $5,54 \cdot 10^{-04}$ | $5,54 \cdot 10^{-04}$ | $5,54 \cdot 10^{-04}$ | $5,54 \cdot 10^{-04}$ | $5,54 \cdot 10^{-04}$ |
| Heptano | $6,29 \cdot 10^{-04}$ | $6,26 \cdot 10^{-04}$ | $6,26 \cdot 10^{-04}$ | $6,26 \cdot 10^{-04}$ | $6,26 \cdot 10^{-04}$ | $6,26 \cdot 10^{-04}$ |
| H ₂ O | $5,74 \cdot 10^{-03}$ | $5,72 \cdot 10^{-03}$ | $5,69 \cdot 10^{-03}$ | $5,67 \cdot 10^{-03}$ | $5,66 \cdot 10^{-03}$ | $5,79 \cdot 10^{-03}$ |
| MDEA | $1,11 \cdot 10^{-07}$ | $1,11 \cdot 10^{-07}$ | $1,10 \cdot 10^{-07}$ | $1,10 \cdot 10^{-07}$ | $1,09 \cdot 10^{-07}$ | $1,08 \cdot 10^{-07}$ |

Fracción molar de vapor de la columna de absorción

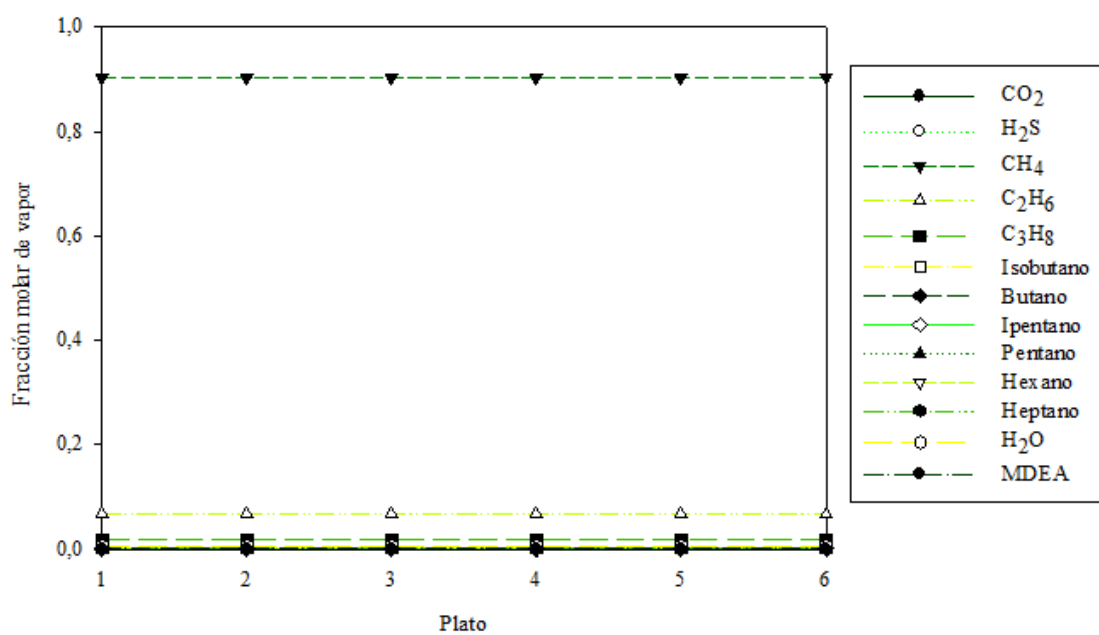


Figura 45: Fracción molar de la columna de absorción por platos

Tabla 36: Fracción molar de líquido en D-101

| Fracción molar de líquido por plato | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| CO ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | $6,81 \cdot 10^{-06}$ | $6,24 \cdot 10^{-04}$ |
| H ₂ S | $1,30 \cdot 10^{-04}$ | $1,30 \cdot 10^{-04}$ | $1,30 \cdot 10^{-04}$ | $1,30 \cdot 10^{-04}$ | $1,33 \cdot 10^{-04}$ | $9,06 \cdot 10^{-04}$ |
| CH ₄ | $3,30 \cdot 10^{-04}$ | $3,31 \cdot 10^{-04}$ | $3,32 \cdot 10^{-04}$ | $3,33 \cdot 10^{-04}$ | $3,35 \cdot 10^{-04}$ | $3,40 \cdot 10^{-04}$ |
| C ₂ H ₆ | $3,50 \cdot 10^{-05}$ | $3,53 \cdot 10^{-05}$ | $3,54 \cdot 10^{-05}$ | $3,55 \cdot 10^{-05}$ | $3,57 \cdot 10^{-05}$ | $3,61 \cdot 10^{-05}$ |
| C ₃ H ₈ | $7,59 \cdot 10^{-06}$ | $7,62 \cdot 10^{-06}$ | $7,65 \cdot 10^{-06}$ | $7,67 \cdot 10^{-06}$ | $7,69 \cdot 10^{-06}$ | $7,82 \cdot 10^{-06}$ |
| Isobutano | $5,77 \cdot 10^{-07}$ | $5,78 \cdot 10^{-07}$ | $5,80 \cdot 10^{-07}$ | $5,81 \cdot 10^{-07}$ | $5,83 \cdot 10^{-07}$ | $5,95 \cdot 10^{-07}$ |
| Butano | $1,78 \cdot 10^{-06}$ | $1,80 \cdot 10^{-06}$ | $1,81 \cdot 10^{-06}$ | $1,81 \cdot 10^{-06}$ | $1,82 \cdot 10^{-06}$ | $1,85 \cdot 10^{-06}$ |
| Ipentano | $2,59 \cdot 10^{-07}$ | $2,60 \cdot 10^{-07}$ | $2,61 \cdot 10^{-07}$ | $2,62 \cdot 10^{-07}$ | $2,62 \cdot 10^{-07}$ | $2,69 \cdot 10^{-07}$ |
| Pentano | $2,40 \cdot 10^{-07}$ | $2,40 \cdot 10^{-07}$ | $2,41 \cdot 10^{-07}$ | $2,41 \cdot 10^{-07}$ | $2,42 \cdot 10^{-07}$ | $2,48 \cdot 10^{-07}$ |
| Hexano | $1,83 \cdot 10^{-07}$ | $1,84 \cdot 10^{-07}$ | $1,84 \cdot 10^{-07}$ | $1,85 \cdot 10^{-07}$ | $1,85 \cdot 10^{-07}$ | $1,90 \cdot 10^{-07}$ |
| Heptano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ O | $9,74 \cdot 10^{-01}$ | $9,74 \cdot 10^{-01}$ | $9,74 \cdot 10^{-01}$ | $9,74 \cdot 10^{-01}$ | $9,74 \cdot 10^{-01}$ | $9,72 \cdot 10^{-01}$ |
| MDEA | $2,60 \cdot 10^{-02}$ | $2,60 \cdot 10^{-02}$ | $2,60 \cdot 10^{-02}$ | $2,60 \cdot 10^{-02}$ | $2,60 \cdot 10^{-02}$ | $2,59 \cdot 10^{-02}$ |

Fracción molar de líquido de la columna de absorción

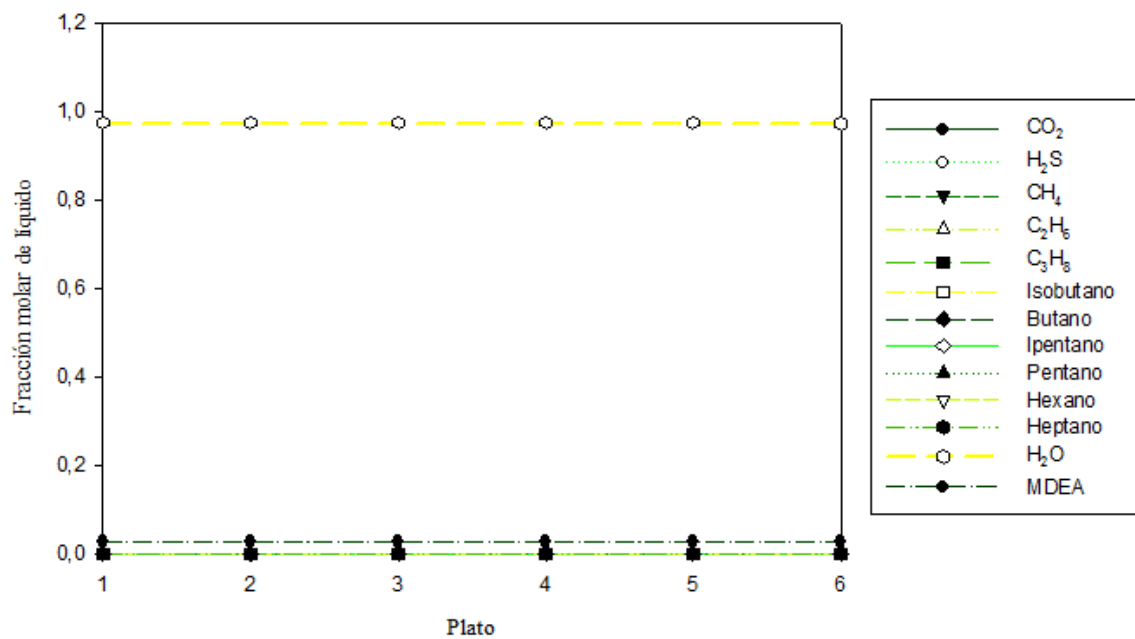


Figura 46: Fracción molar de líquido de la columna de absorción por platos

5.7. Columna de destilación D-102

Tabla 37: Resultados de D-102. (1)

| | | Resultados | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | Plato | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| P | kPa | 93,08 | 106,87 | 108,25 | 109,63 | 111,01 | 112,38 |
| T | K | 322,04 | 373,57 | 374,04 | 374,41 | 375,51 | 376,49 |
| Alimentación | kmol/h | | | 0,1 | 7243,4 | | |
| Producto | kmol/h | 11,8 | | | | | |
| Fración molar de líquido | | 0,96 | 0,52 | 0,50 | 0,50 | 0,78 | 0,75 |
| | | Propiedades fase vapor | | | | | |
| Flujo molar | kmol/h | 11,80 | 2898,84 | 3177,38 | 3178,75 | 3178,31 | 3576,04 |
| Flujo de vapor real | m ³ /h | 337,65 | 83737,46 | 90699,60 | 89675,44 | 88747,79 | 98726,69 |
| Flujo de vapor estándar | m ³ /h | 279,43 | 68674,73 | 75273,64 | 75305,90 | 75295,50 | 84717,92 |
| Entalpía | kJ/kg | 566,26 | 2680,86 | 2685,20 | 2685,84 | 2686,63 | 2698,38 |
| Calor específico | kJ/(kg·K) | 1,01 | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| | | Propiedades fase líquida | | | | | |
| Flujo molar | kmol/h | 2887,04 | 3165,59 | 3166,95 | 3166,60 | 10807,69 | 10815,86 |
| Flujo de vapor real | m ³ /h | 52,82 | 59,62 | 59,66 | 59,69 | 223,96 | 224,08 |
| Flujo de vapor estándar | m ³ /h | 52,10 | 57,09 | 57,11 | 57,13 | 213,14 | 213,25 |
| Entalpía | kJ/kg | 203,81 | 425,10 | 426,73 | 428,12 | 412,06 | 414,07 |
| Calor específico | kJ/(kg·K) | 4,18 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,06 | 4,06 |

Tabla 38: Resultados de D-102. (2)

| Resultados | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|--------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Plato | | | | | |
| | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| P | kPa | 113,76 | 115,14 | 116,52 | 117,90 | 119,28 | 120,66 |
| T | K | 376,91 | 377,28 | 377,63 | 377,97 | 378,31 | 378,90 |
| Alimentación | kmol/año | | | | | | |
| Producto | kmol/año | 7231,7 | | | | | |
| Fracción molar de líquido | | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,67 |
| Propiedades fase vapor | | | | | | | |
| Flujo molar | kmol/h | 3584,21 | 3591,02 | 3597,62 | 3604,11 | 3610,52 | 3615,83 |
| Flujo de vapor real | m ³ /h | 97837,13 | 96930,03 | 96037,79 | 95163,05 | 94306,03 | 93503,90 |
| Flujo de vapor estándar | m ³ /h | 84911,63 | 85072,91 | 85229,10 | 85382,90 | 85534,84 | 85660,50 |
| Entalpía | kJ/kg | 2700,70 | 2701,96 | 2702,97 | 2703,87 | 2704,73 | 2705,65 |
| Calor específico | kJ/(kg·K) | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| Propiedades fase líquida | | | | | | | |
| Flujo molar | kg·mol/h | 10822,67 | 10829,27 | 10835,76 | 10842,17 | 10847,48 | 7231,70 |
| Flujo de vapor real | m ³ /h | 224,22 | 224,38 | 224,53 | 224,69 | 224,84 | 156,55 |
| Flujo de vapor estándar | m ³ /h | 213,36 | 213,47 | 213,58 | 213,69 | 213,79 | 148,54 |
| Entalpía | kJ/kg | 415,65 | 417,16 | 418,62 | 420,07 | 421,49 | 415,56 |
| Calor específico | kJ/(kg·K) | 4,06 | 4,07 | 4,07 | 4,07 | 4,07 | 4,00 |

5.7.1. Fracciones molares D-102

Tabla 39: Concentración de vapor por plato en D-102.(1)

| Fracción molar de vapor por plato [mol] | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| CO ₂ | $3,83 \cdot 10^{-01}$ | $1,59 \cdot 10^{-03}$ | $1,42 \cdot 10^{-03}$ | $1,42 \cdot 10^{-03}$ | $1,42 \cdot 10^{-03}$ | $1,20 \cdot 10^{-04}$ |
| H ₂ S | $4,77 \cdot 10^{-01}$ | $2,45 \cdot 10^{-03}$ | $1,77 \cdot 10^{-03}$ | $1,77 \cdot 10^{-03}$ | $1,79 \cdot 10^{-03}$ | $8,94 \cdot 10^{-04}$ |
| CH ₄ | $1,21 \cdot 10^{-02}$ | $4,96 \cdot 10^{-05}$ | $4,50 \cdot 10^{-05}$ | $4,50 \cdot 10^{-05}$ | $3,08 \cdot 10^{-05}$ | 0 |
| C ₂ H ₆ | $1,95 \cdot 10^{-03}$ | $7,96 \cdot 10^{-06}$ | $7,23 \cdot 10^{-06}$ | $7,23 \cdot 10^{-06}$ | $5,20 \cdot 10^{-06}$ | 0 |
| C ₃ H ₈ | $3,68 \cdot 10^{-04}$ | $1,50 \cdot 10^{-06}$ | $1,37 \cdot 10^{-06}$ | $1,36 \cdot 10^{-06}$ | $9,33 \cdot 10^{-07}$ | 0 |
| Isobutano | $2,14 \cdot 10^{-05}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Butano | $1,58 \cdot 10^{-04}$ | $6,46 \cdot 10^{-07}$ | $5,85 \cdot 10^{-07}$ | $5,85 \cdot 10^{-07}$ | $4,63 \cdot 10^{-07}$ | 0 |
| Ipentano | $1,21 \cdot 10^{-05}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pentano | $1,02 \cdot 10^{-05}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hexano | $8,25 \cdot 10^{-06}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heptano | $1,99 \cdot 10^{-06}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ O | $1,25 \cdot 10^{-01}$ | $9,96 \cdot 10^{-01}$ | $9,97 \cdot 10^{-01}$ | $9,97 \cdot 10^{-01}$ | $9,97 \cdot 10^{-01}$ | $9,99 \cdot 10^{-01}$ |
| MDEA | 0 | 0 | 0 | $1,53 \cdot 10^{-07}$ | $6,57 \cdot 10^{-05}$ | $6,69 \cdot 10^{-05}$ |

Tabla 40: Concentración de vapor por plato en D-102. (2)

| Fracción molar de vapor por plato [mol] | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| CO ₂ | $1,60 \cdot 10^{-05}$ | $2,60 \cdot 10^{-06}$ | $4,81 \cdot 10^{-07}$ | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ S | $6,17 \cdot 10^{-04}$ | $4,71 \cdot 10^{-04}$ | $3,72 \cdot 10^{-04}$ | $2,95 \cdot 10^{-04}$ | $2,26 \cdot 10^{-04}$ | $1,56 \cdot 10^{-04}$ |
| CH ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C ₂ H ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C ₃ H ₈ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Isobutano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Butano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ipentano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pentano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hexano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heptano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ O | $9,99 \cdot 10^{-01}$ | $9,99 \cdot 10^{-01}$ | 1 | 1 | 1 | 1 |
| MDEA | $6,76 \cdot 10^{-05}$ | $6,82 \cdot 10^{-05}$ | $6,88 \cdot 10^{-05}$ | $6,93 \cdot 10^{-05}$ | $6,99 \cdot 10^{-05}$ | $1,07 \cdot 10^{-04}$ |

Fracción molar de vapor de la columna de destilación

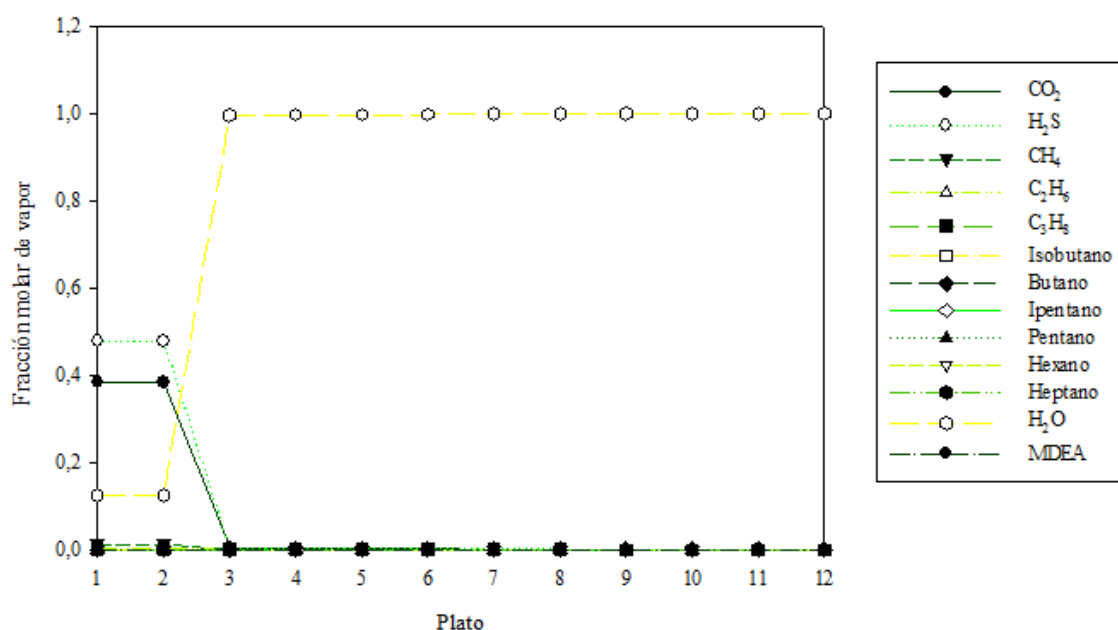


Figura 47:Fracción molar de vapor de la columna de destilación por platos

Tabla 41:Concentración de líquido por plato en D-102. (1)

| Fracción molar de líquido por plato | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| CO ₂ | $3,76 \cdot 10^{-05}$ | $1,11 \cdot 10^{-07}$ | $1,07 \cdot 10^{-07}$ | $2,30 \cdot 10^{-06}$ | $3,98 \cdot 10^{-05}$ | $5,29 \cdot 10^{-06}$ |
| H ₂ S | $5,06 \cdot 10^{-04}$ | $1,87 \cdot 10^{-06}$ | $1,43 \cdot 10^{-06}$ | $2,34 \cdot 10^{-05}$ | $3,82 \cdot 10^{-04}$ | $2,91 \cdot 10^{-04}$ |
| CH ₄ | $1,85 \cdot 10^{-07}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C ₂ H ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C ₃ H ₈ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Isobutano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Butano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ipentano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pentano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hexano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heptano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ O | $9,99 \cdot 10^{-01}$ | 1 | 1 | 1 | $9,82 \cdot 10^{-01}$ | $9,82 \cdot 10^{-01}$ |
| MDEA | 0 | 0 | $1,54 \cdot 10^{-07}$ | $6,59 \cdot 10^{-05}$ | $1,74 \cdot 10^{-02}$ | $1,74 \cdot 10^{-02}$ |

Tabla 42: Concentración de líquido por plato en D-102. (2)

| Fracción molar de líquido por plato | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| CO ₂ | $8,61 \cdot 10^{-07}$ | $1,60 \cdot 10^{-07}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ S | $2,43 \cdot 10^{-04}$ | $2,10 \cdot 10^{-04}$ | $1,85 \cdot 10^{-04}$ | $1,62 \cdot 10^{-04}$ | $1,38 \cdot 10^{-04}$ | $1,30 \cdot 10^{-04}$ |
| CH ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C ₂ H ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C ₃ H ₈ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Isobutano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Butano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ipentano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pentano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hexano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heptano | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ₂ O | $9,82 \cdot 10^{-01}$ | $9,82 \cdot 10^{-01}$ | $9,82 \cdot 10^{-01}$ | $9,82 \cdot 10^{-01}$ | $9,82 \cdot 10^{-01}$ | $9,74 \cdot 10^{-01}$ |
| MDEA | $1,74 \cdot 10^{-02}$ | $1,74 \cdot 10^{-02}$ | $1,74 \cdot 10^{-02}$ | $1,74 \cdot 10^{-02}$ | $1,74 \cdot 10^{-02}$ | $2,60 \cdot 10^{-02}$ |

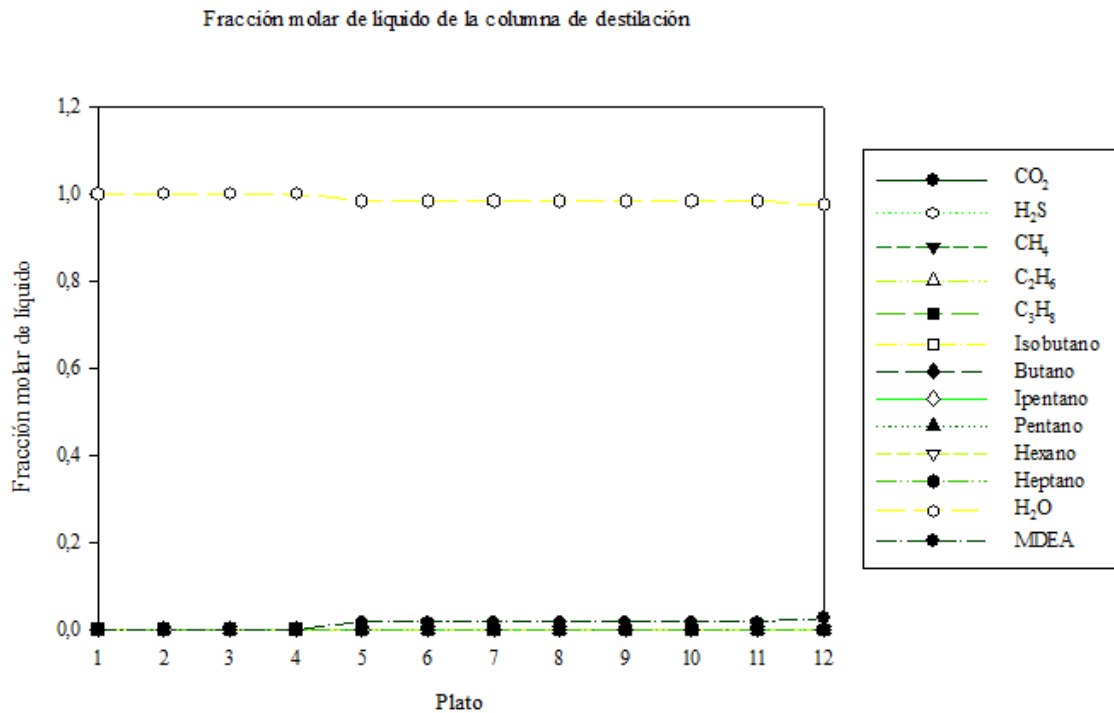


Figura 48: Fracción molar de líquido de la columna de destilación por platos.

5.7.2. Perfil de temperatura D-102

Tabla 43: Temperatura de cada plato en D-102

| Perfil de temperatura | |
|-----------------------|--------|
| Plato | T (K) |
| 1 | 322,04 |
| 2 | 373,57 |
| 3 | 374,04 |
| 4 | 374,41 |
| 5 | 375,51 |
| 6 | 376,49 |
| 7 | 376,91 |
| 8 | 377,28 |
| 9 | 377,63 |
| 10 | 377,97 |
| 11 | 378,31 |
| 12 | 378,9 |

Perfil de temperatura

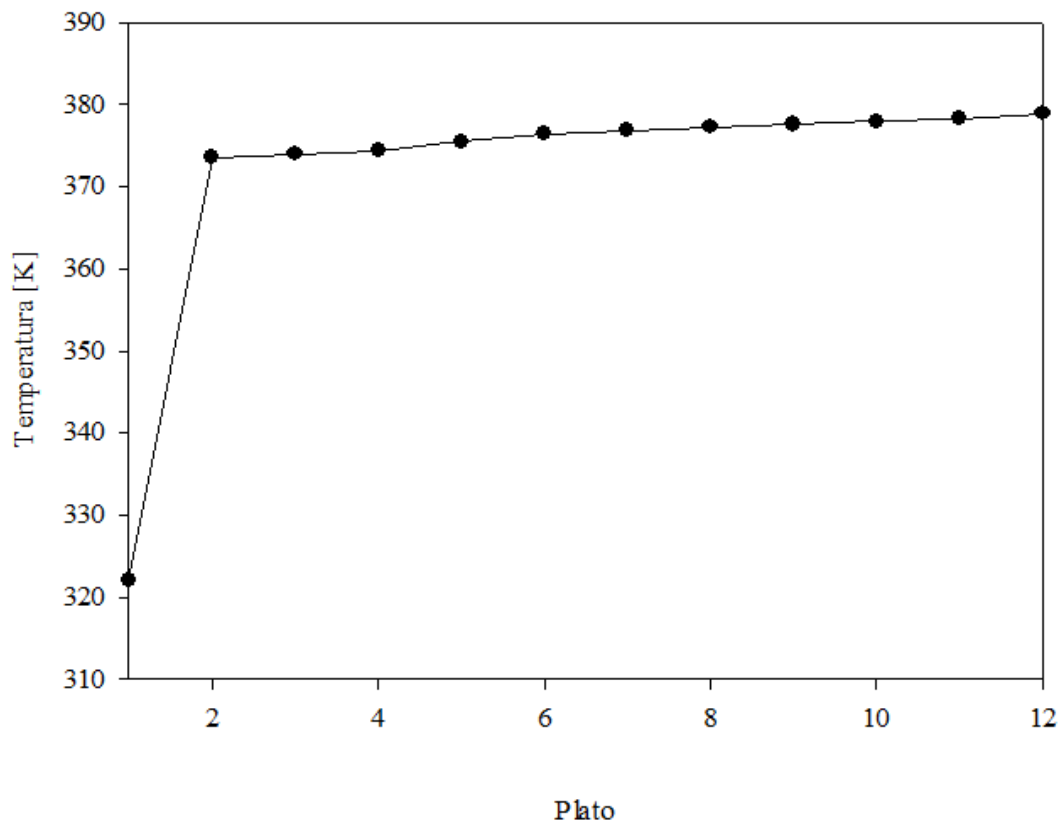


Figura 49: Temperaturas en cada plato de D-102

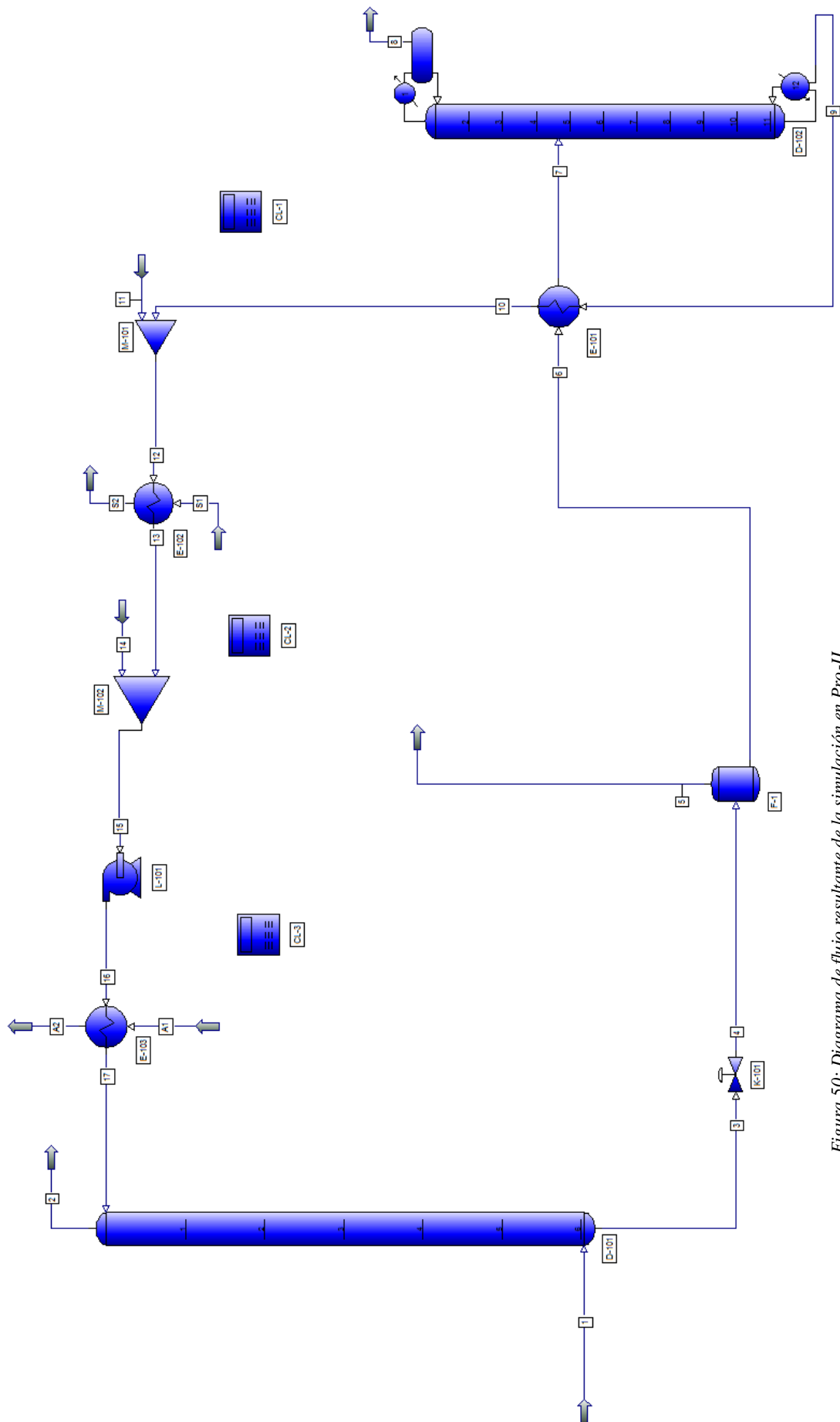


Figura 50: Diagrama de flujo resultante de la simulación en Pro-II

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Resumen

A continuación, se realizará un análisis de los resultados obtenidos después de haber realizado la simulación.

6.2. Análisis

Se ha prediseñado un sistema de desulfuración, mediante absorción con reacción química, de un gasoil ligero que consiste en una torre de absorción y una torre de destilación como equipos principales. Se ha tratado una corriente de 53611 t/año de gasoil ligero y se ha obtenido un total de 50000 t/año de gasoil desulfurado. En este proceso se recupera la amina introducida, por medio de la columna de destilación, y se recircula al proceso.

El producto desulfurado contiene un porcentaje de $1,48 \cdot 10^{-4} \%$, o lo que es lo mismo, 1,48 ppm. Si se compara este resultado con el de la normativa [Real Decreto 61/2006, del 31 de enero] en el que se expresa que el contenido en peso de azufre debe ser menor al 0,10%, se concluye que el proceso prediseñado cumple con la legislación.

La amina que se utiliza en el proceso para la adsorción, la MDEA, se introduce por la corriente 11 en cantidades muy pequeñas de 42 kg/año. Esto se debe a que la MDEA se recupera casi en su totalidad en la columna de destilación, suponiendo la ventaja de ahorrar costes en cuanto a la compra de este compuesto. La amina total que se introduce en la columna de adsorción es de 196366,52 t/año.

Con respecto al flash, la orientación es vertical y de tipo elipsoidal. La corriente de vapor que sale por la cabeza del flash (corriente 5) contiene los componentes más volátiles, en su mayoría metano, aunque también, etano, agua y propano. La relación líquido/vapor es de 2809,40, por lo que se observa que el flujo de líquido (1312533,75 t/año) es mucho mayor que el de vapor (467,19 t/año). La corriente líquida (6), continúa en el circuito considerándose la amina rica, que continúa hasta la columna de destilación para separar.

En cuanto a los intercambiadores de calor, E-101 tiene entradas de fluido procedentes del propio proceso, sin embargo, el E-102 y el E-103 se conectan a corrientes externas de agua para realizar el enfriamiento. Cabe destacar, que en el E-101 el intercambio de calor se realiza totalmente, hasta llegar al equilibrio los dos fluidos. Sin embargo, en el E-103, sólo se logra una variación de 20 K, entre la corriente 16 y la 17, sin llegar al equilibrio térmico.

La bomba tiene una caída de presión de 1691,29 kPa y un flujo volumétrico de 152,42 m³/h.

La columna de adsorción D-101 está formada por un total de 6 platos, y se alimenta: por el plato 6 el gasoil ligero y por el primer plato, la amina pobre. Las salidas que tiene esta columna serán: por la cabeza, el gasoil desulfurado; mientras que por la cola saldrá la amina rica que, como sale con mucha presión, se introduce una válvula de presión que controla dicha presión disminuyéndola.

En cuanto a las concentraciones de vapor de esta columna, se puede concluir que existe una concentración muy alta de CH_4 en comparación con los demás compuestos. Esto se debe a que el gasoil ligero introducido contiene en una mayor proporción CH_4 .

Si se analiza la variación de fracción molar de los compuestos que más interesan en el proyecto, debido a que son los que pasarán en su mayoría a la torre de destilación, se puede observar lo siguiente (Figura 51):

- El H_2O tiene una concentración de vapor muy pequeña en el primer plato, que se justifica debido a que por el primer plato entra la corriente 17 que es la que contiene agua, pero en estado líquido.
A continuación, en el plato 2 la concentración aumenta de forma considerable y va disminuyendo progresivamente hasta el plato 5, donde de nuevo aumenta de forma considerable hasta el plato 6.
- En cuanto al CO_2 y H_2S , se puede observar que la concentración es muy baja en los primeros platos, pero que en plato 6 aumenta de forma considerable.
- En este caso, la MDEA tiene valores muy pequeños, por lo que se concluye que no tiene gran concentración de vapor en esta columna.

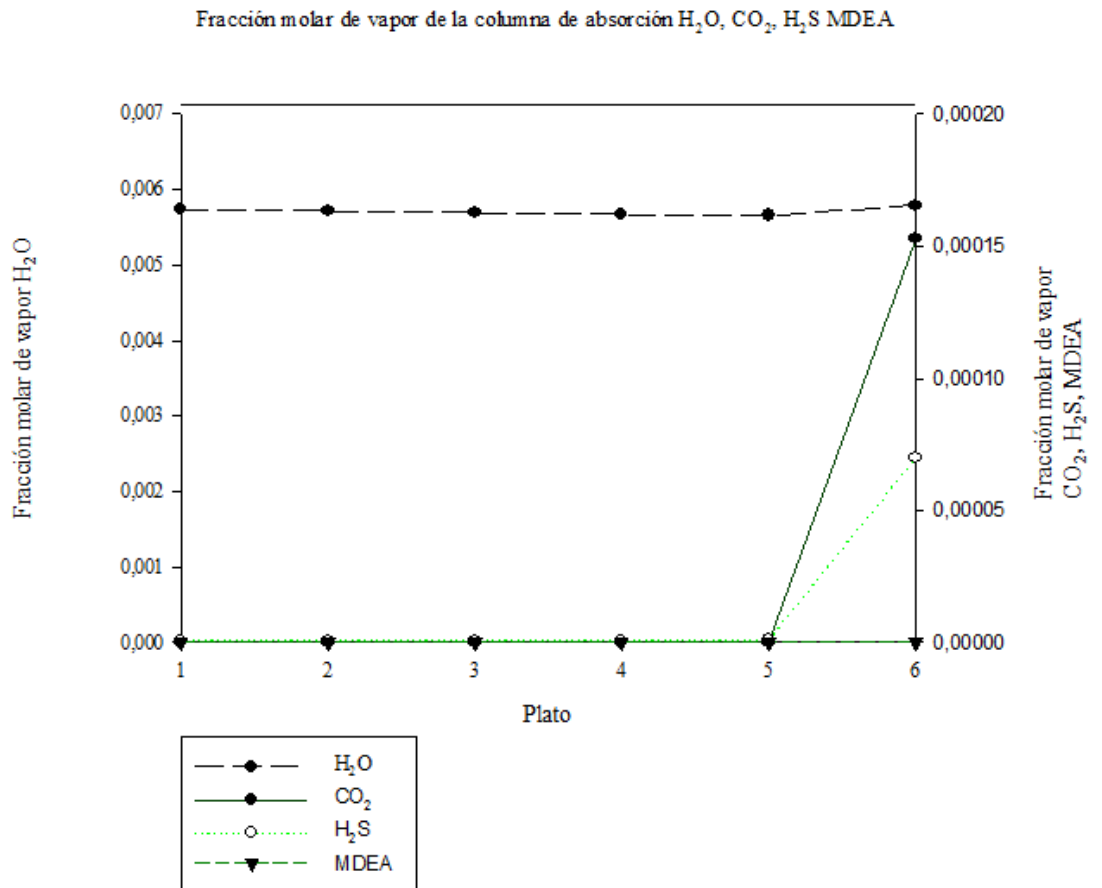


Figura 51: Fracción molar de vapor de algunos compuesto en D-101

La concentración de líquido cambia respecto a la de vapor. Se puede observar que el componente que tendrá mayor concentración, en fase líquida, en toda la columna será el H₂O. Si se observan en mayor profundidad los mismos compuestos que en fase gaseosa se obtiene que (Figura 52):

- La fracción molar líquida de H₂O se observa que es alta desde el primer plato hasta que disminuye en el plato 6.
- En cuanto al CO₂ y H₂S, tal y como ocurre con la fracción molar de vapor, la fracción molar de líquido es muy baja en los primeros platos, pero aumenta en el plato 6.
- Por el contrario, la concentración líquida de MDEA se mantiene constante a lo largo de la columna con fracciones muy pequeñas.

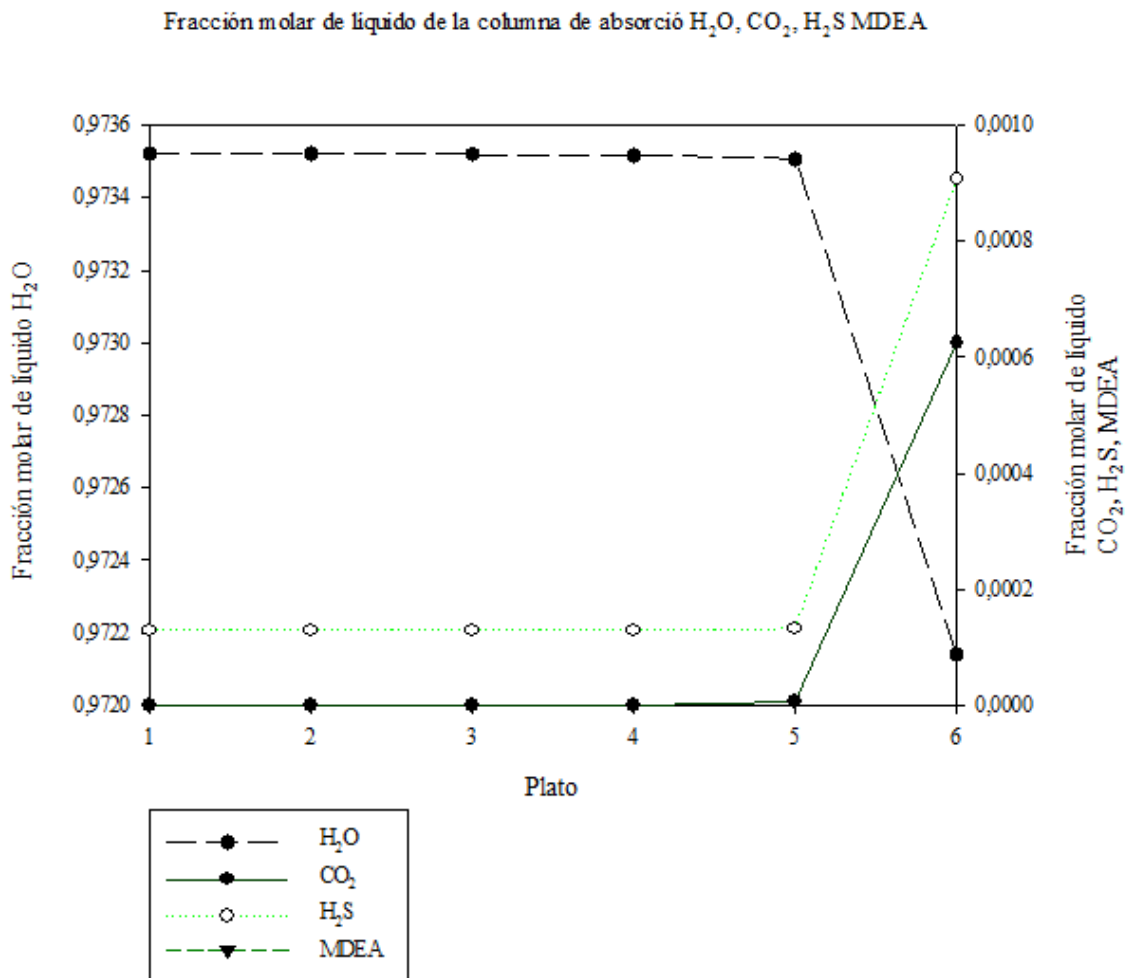


Figura 52: Fracción molar de líquido de algunos compuesto en D-101

La columna de destilación D-102 cuenta con un total de 12 platos. La alimentación, procedente de la salida de la columna de adsorción y que ha pasado por el flash y habiéndole aumentado la temperatura, se introduce por el plato 5. Por la cabeza sale el gas azufrado, que contiene en su mayoría H_2S y CO_2 , y como pasa por el condensador, existe una entrada de compuestos recuperados a la columna. Por la cola salen el H_2O y la MDEA recuperados, pero como está el reboiler hay una entrada de ese producto de nuevo a la columna.

El gas azufrado sale del proceso, mientras que la amina recuperada se recircula para que vuelva a realizar el proceso de adsorción en la D-101.

En cuanto a la concentración de vapor (Figura 53), se sigue teniendo de protagonista al H_2O , cuya fracción molar en los primeros platos es pequeña, pero aumenta de forma considerable en el plato 3 y se mantiene constante hasta el plato 12.

En cuanto a la fracción molar vapor de otros compuestos, se puede decir que el CO_2 y el H_2S tienen fracciones molares muy pequeña a lo largo de toda la columna, excepto en el plato 1 y 2. En este caso, la MDEA se mantiene con fracciones muy bajar.

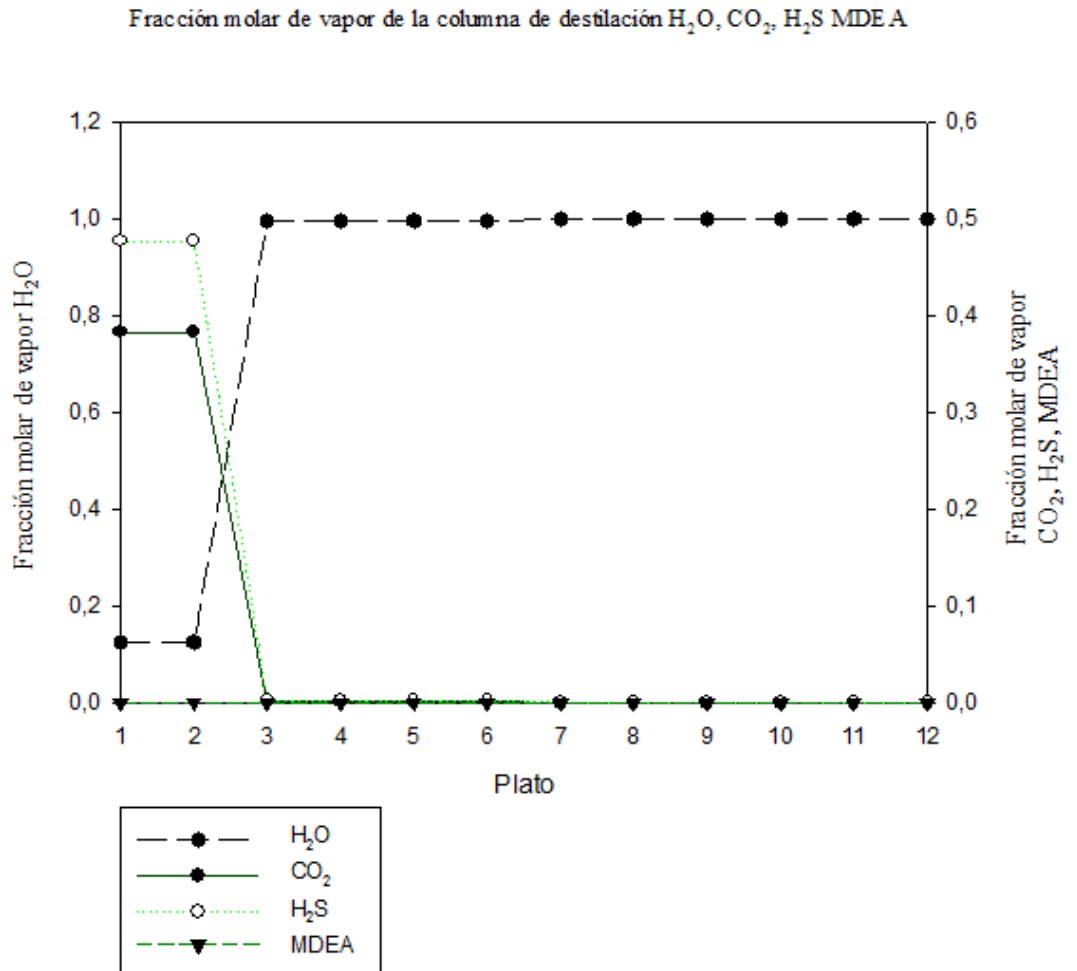


Figura 53: Fracción molar de vapor de algunos compuesto en D-102

Por otro lado, la fracción molar de líquido (Figura 54) se sigue teniendo de protagonista al H_2O , cuya fracción molar es alta en toda la columna.

En cuanto a la fracción molar líquida de otros compuestos, se puede decir que el CO_2 y el H_2S tienen fracciones molares muy pequeña a lo largo de toda la columna. En este caso, la MDEA si que presenta variaciones, en los primeros platos su fracción molar es baja, pero a medida que desciende por la columna, su fracción líquida aumenta.

Fracción molar de líquido de la columna de destilación H₂O, CO₂, H₂S MDEA

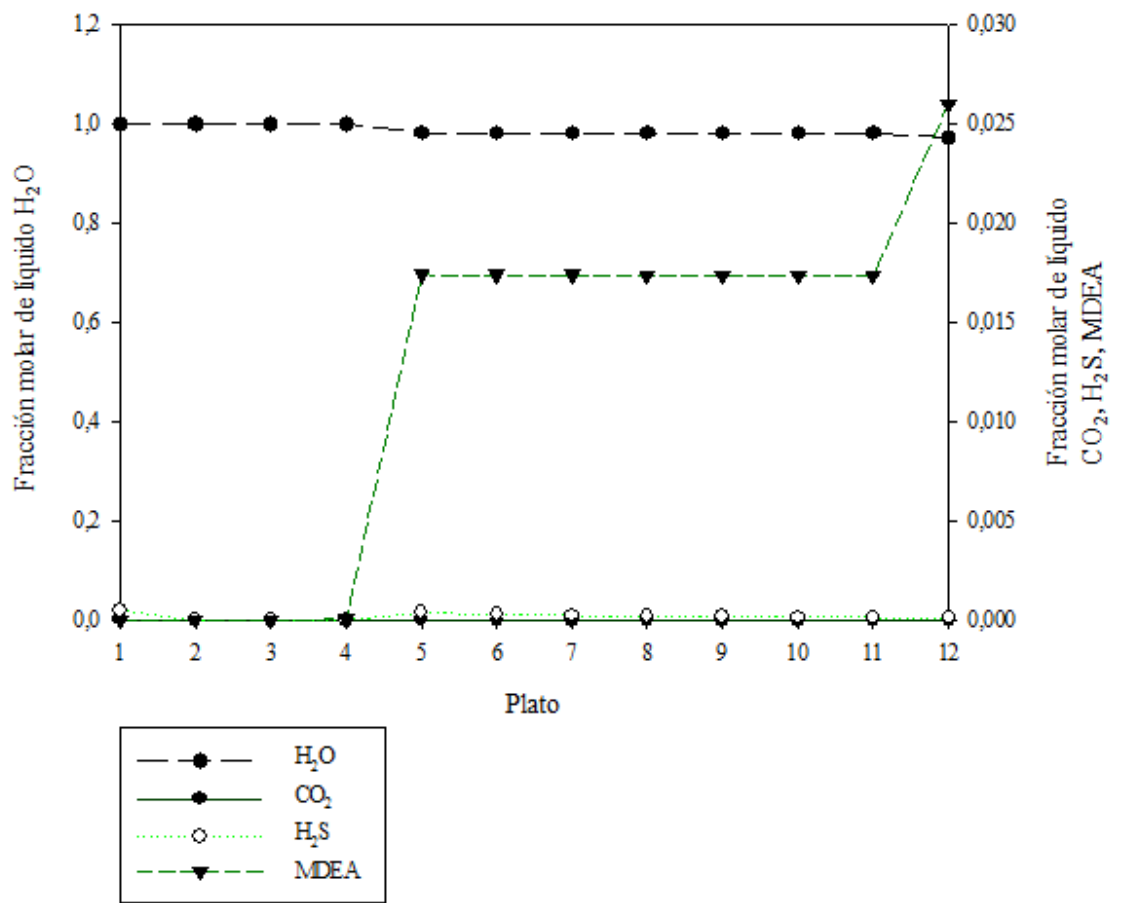


Figura 54:Fracción molar de líquido de algunos compuesto en D-102

Anexos

7. ANEXO 1

7.1. Bibliografía

- [1]Amine Package (AMINE). SimSci.
- [2]Amine Systems. SimSci.
- [3]Anual Report 2018. Organization of the Petroleum Exporting Counties.
- [4]Anuario energético de Canarias 2017. Gobierno de Canarias.
<http://www.gobiernodecanarias.org/ceic/energia/publicaciones/>
- [5]Chandra-Srivastava, C. An evolution of desulfuration technologies for sulfur removal from liquid fuels. RSC Advances. 2012,2,759-783.
- [6]Conferencia Española de Transporte de Mercancías. Informe sobre carburantes. Evolución del precio del gasóleo. <http://www.cetm.es/principal/carburantes/gasoleos/datos.asp>
- [7]Curso Básico de Simulación de Procesos Químicos con PRO II. Departamento de Ingeniería Química – Universidad de Antioquia. Medellín, 2007.
- [8]El-Gendy, N.S.; Nassar, HS. Biodesulfurization in Petroleum Refining. John Wiley & Sons, Inc, 2018.
- [9]Global Energy Statistical Yearbook 2018. Enerdata.
- [10]Jones, D; Pujadó, P. Handbook of Petroleum Processing. Springer. Dordrecht, The Netherlands, 2006.
- [11]Murcia, J. La producción española de petróleo cae a mínimos históricos. El Correo. 2019.
- [12]Real Decreto 61/2006, de 31 de enero. Disponible desde:
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-2779>
- [13]Wauquier, J.P. El refino del petróleo. Diaz de Santos. España, 2004.

8. ANEXO 2

8.1. Fórmulas

| Fórmula | Nomenclatura | Fórmula | Nomenclatura |
|--|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| $(\text{HOC}_2\text{H}_4)_2\text{NCH}_3$ | MDEA | H_2O | Agua |
| Al_2O_3 | Óxido de aluminio | H_2O_2 | Peróxido de Hidrógeno |
| C_2H_2 | Etano | H_2S | Ácido Sulhídrico |
| C_3H_8 | Propano | H_2SO_4 | Ácido Sulfúrico |
| CCl_3COOH | Ácido Tricloroacético | HCOOH | Ácido Fórmico |
| CH_3COOH | Ácido Acético | K_2FeO_4 | Ferrato de Potasio |
| CH_4 | Metano | NaWO_4 | Tugstato de Sodio |
| CoMo | Cobalto-Molibdato | NiMo | Niquel-Molibdato |
| $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | Óxido de Hierro (III) | NO_2 | Dióxido de nitrógeno |

9. ANEXO 3

9.1. Conceptos

| Término | Significado | Término | Significado |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|
| All Components - SIMSCI Bank | Todos los componentes - Banco de SIMSCI | Numero of stages | Número de pasos |
| All Primary Methods | Todos los métodos primarios | Partial | Parcial |
| Amine | Amina | Performance Specification | Especificaciones de funcionamiento |
| Available Streams | Corrientes disponibles | Pressure Change | Cambio de presión |
| Calculation Model | Modelo de cálculo | Pressure Drop | Caída de presión |
| Calculator | Calculadora | Pressure Profile | Perfil de presión |
| Column | Columna | Procedure | Procedimiento |
| Component Selection | Selección de componentes | Product | Producto |
| Composition | Composición | Property label list | Lista de etiquetas de propiedad |
| Composition Weight Rate | Flujo másico | Property list to be used | Lista de propiedades para utilizar |
| Condenser | Condensador | Pump Efficiency | Eficiencia de la bomba |
| Convergence Data | Datos de convergencia | Run and report | Ejecutar e informar |
| Distillation | Destilación | Select from list... | Seleccionar desde la lista ... |
| Edit/View Declarations | Editar/Ver Declaraciones | Selected Streams | Corrientes seleccionadas |

| | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Feed | Alimentación | Separate | Separar |
| Flowrate | Caudal | Stream | Corriente |
| Flowsheet | Diagrama de flujo | Stream Properties | Propiedades de la corriente |
| General | Generas | Stream Secuency | Secuencia de corriente |
| Initialize from UOM Library | Iniciar desde la biblioteca UOM | Tray efficiencies | Eficiencia de los platos |
| Material Balance List | Lista de balance de materia | Unit of measure | Unidad de medida |
| Mixer | Mezclador | Utilities | Utilidades |
| New | Nuevo | | |

10. ANEXO 4

10.1. Informe generado por el Pro-II

```
$
=====
===
$ ** WARNING ** The input data may have been changed since the
simulation
$           was last run. Consequently, the keyword file may not
be
$           compatible with the rest of the output report.
$           Please re-run the simulation to obtain the correct
output.
$
=====
===
$ Generated by PRO/II Keyword Generation System <version 10.1>
$ Generated on: Mon Jul 01 00:03:40 2019
TITLE PROJECT=NAN_DESULF, PROBLEM=DESULF, USER=Nayara
DESC PLANTA DE DESULFURACIÓN CON AMINAS
PRINT INPUT=ALL, STREAM=ALL, RATE=M, PERCENT=WT, HISTORY=ON
TOLERANCE DEFAULT=V94 , STREAM =0.01, ,5e-005, , DUTY=0.01
DIMENSION SI, MDUTY=ON, BASIS=MOLE, STDTEMP=288.7055555556, &
      STDPRES=101.325
SEQUENCE SIMSCI
CALCULATION TVPBASIS=310.9277777778, RVPBASIS=APIN
COMPONENT DATA
CURRENT SEARCH = SIMSCI,PROCESS
LIBID 1,CO2/2,HYSULFID/3,METHANE/4,ETHANE/5,PROPANE/6,IBUTANE/ &
      7,BUTANE/8,IPENTANE/9,PENTANE/10,HEXANE/11,HEPTANE/ &
      12,H2O, BANK=CURRENT
LIBID 13,MDEA, BANK=SIMSCI
ASSAY FIT=SPLINE, CONVERSION=API94, CURVEFIT=CURRENT, &
      FORMATION=CURRENT, KVRECONCILE=TAILS
THERMODYNAMIC DATA
TRESET CONSTANT = NOFLASH
METHOD SYSTEM=AMIN, SET=AMINE, DEFAULT
STREAM DATA
PROPERTY STREAM=1, TEMPERATURE=310.9277777778, PRESSURE=1758.1638,
&
      PHASE=M, RATE (WT)=6115.788272872, COMPOSITION (M)=1,58.451/ &
      2,72.7961/3,3774.26/4,274.484/5,73.2671/6,7.7506/7,10.2343/ &
      8,2.9547/9,3.0403/10,2.3123/11,2.6121/12,1.9394, NORMALIZE
PROPERTY STREAM=17, TEMPERATURE=319.2611111111, PRESSURE=1723.69, &
      PHASE=M, RATE (M)=7257.472, COMPOSITION (WT)=1,0.003/2,0.003/
&
      12,0.85/13,0.15, NORMALIZE
PROPERTY STREAM=14, TEMPERATURE=366.4833333333, &
      PRESSURE=101.352972, PHASE=M, COMPOSITION (M,KGM/H)=12, &
      1360.776
PROPERTY STREAM=A1, TEMPERATURE=294.2611111111, &
      PRESSURE=102.042448, PHASE=M, COMPOSITION (M,KGM/H)=12, &
      636189.99552
```

```

PROPERTY STREAM=11, TEMPERATURE=305.372222222, PRESSURE=106.86878,
&
    PHASE=M, COMPOSITION (M,KGM/H)=13,6000
PROPERTY STREAM=S1, TEMPERATURE=300, PRESSURE=300, PHASE=M, &
    RATE (M)=7000, COMPOSITION (M)=12,1
PROPERTY STREAM=10, TEMPERATURE=349.8166666667, REFSTREAM=9
NAME 1,Gasoil ligero/17,Amina pobre/14,Agua/9,Amina recuperada/ &
    2,Gasoil ligero desulfurado/3,Amina rica/5,Flash Gas/ &
    8,Gas azufrado/11,MDEA
OUTPUT FORMAT=MATERIAL, SPTPRINT=ON
OUTPUT FORMAT=COMPWEIGHT, SPTPRINT=ON
UNIT OPERATIONS
CALCULATOR UID=CL-3
    SEQUENCE STREAM=A1,A2
    PROCEDURE
    RISE = 15
    RATE1=SMR (A1)
    TEMP1=STEMP (A1)
    TEMP2=STEMP (A2)
    RATE2=RATE1*(TEMP2-TEMP1)/RISE
    CALL SRXSTR (SMR, RATE2, A1)
    RETURN
COLUMN UID=D-101, NAME=Columna de absorcion
    PARAMETER TRAY=6,IO DAMPING=0.7
    FEED 1,6,TNOTSEPARATE/17,1,TNOTSEPARATE, NOTSEPARATE
    PRODUCT OVHD (GV)=2,118081.2502886, BTMS (M)=3, SUPERSEDE=ON
    PSPEC PTOP=1723.69, DPTRAY=6.89476
    PRINT PROPTABLE=PART
    ESTIMATE MODEL=CONVENTIONAL
VALVE UID=K-101, NAME=Valvula de presion
    FEED 3
    PRODUCT M=4
    OPERATION PRESSURE=111.005636
FLASH UID=V-101, NAME=Flash
    FEED 4
    PRODUCT V=5, L=6
    ADIABATIC
HX UID=E-101, ZONES (OUTPUT)=5
    HOT FEED=9, L=10
    COLD FEED=6, M=7
    CONFIGURE COUNTER, TPASS=1, SPASS=1
    OPER HTEMP=349.8166666667
COLUMN UID=D-102, NAME=Columna de recuperacion
    PARAMETER TRAY=12,IO DAMPING=0.4
    FEED 7,5,TSEPARATE, SEPARATE
    PRODUCT OVHD (M)=8,181.4368, BTMS (M)=9, SUPERSEDE=ON
    CONDENSER TYPE=PART, PRESSURE=93.07926
    DUTY 1,1,,CONDENSER
    DUTY 2,12,,REBOILER
    PSPEC PTOP=106.86878, DPCOLUMN=13.78952
    PRINT PROPTABLE=PART
    ESTIMATE MODEL=CONVENTIONAL, RRATIO=3
    SPEC ID=COL2SPEC1, TRAY=1, TEMPERATURE (F), VALUE=120
    SPEC ID=COL2SPEC2, TRAY=12, RATE (LBM/H), PHASE=V,WET, DIVIDE, &
        STREAM=9, RATE (LBM/H),TOTAL,WET, VALUE=0.5
    VARY DNAME=REBOILER
    VARY DNAME=CONDENSER
    REBOILER TYPE=KETTLE

```

```

CALCULATOR UID=CL-2, NAME=H2O
  SEQUENCE  STREAM=2,5,8,1,14
  PROCEDURE
  R(1) = SCMR(12,2)+SCMR(12,5)+SCMR(12,8)-SCMR(12,1)
  CALL SRXSTR(SMR, R(1), 14)
  RETURN
CALCULATOR UID=CL-1, NAME=MDEA
  SEQUENCE  STREAM=2,5,8,11
  PROCEDURE
R(1) = SCMR(13,2)+SCMR(13,5)+SCMR(13,8)
CALL SRXSTR(SMR, R(1), 11)
RETURN
  MIXER UID=M-101
    FEED 10,11
    PRODUCT  M=12
    OPERATION DP=5.515808
  HX  UID=E-102
    HOT FEED=12, L=13
    COLD FEED=S1, M=S2
    CONFIGURE COUNTER
    OPER HTEMP=338.7055555556
  MIXER UID=M-102
    FEED 13,14
    PRODUCT  M=15
  PUMP UID=L-101
    FEED 15
    PRODUCT  L=16
    OPERATION EFF=70, PRESSURE=1792.6376
  HX  UID=E-103
    HOT FEED=16, M=17
    COLD FEED=A1, M=A2
    CONFIGURE COUNTER
    OPER HTEMP=319.2611111111
END

```

SIMSCI R
 PAGE R-1
 PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 PROBLEM DESULF INPUT
 Nayara

THERMODYNAMIC DATA

07/01/19

=====

VLE K-VALUE DATA FOR SET 'AMINE'

SRK SIMSCI PURE COMPONENT DATA

| COMP | CRITICAL | CRITICAL | ALPHA | C1 | C2 | |
|--------|-------------|----------|-------|--------|---------|-------|
| C3 | TEMPERATURE | PRESSURE | TYPE | | | |
| | DEG K | KPA | | | | |
| ---- | ----- | ----- | ---- | ----- | ----- | ----- |
| -- | | | | | | |
| 1 | 304.21 | 7383.00 | 6 | 0.2438 | 0.8484 | |
| 2.3515 | | | | | | |
| 2 | 373.53 | 8962.91 | 9 | 0.6519 | -0.2619 | |
| 0.6628 | | | | | | |
| 3 | 190.56 | 4599.00 | 6 | 0.5144 | 0.9903 | |
| 1.0000 | | | | | | |
| 4 | 305.32 | 4872.00 | 9 | 0.6649 | -0.2236 | |
| 0.2954 | | | | | | |
| 5 | 369.83 | 4248.00 | 9 | 0.7353 | -0.1522 | |
| 0.2316 | | | | | | |
| 6 | 408.14 | 3648.00 | 9 | 0.7948 | -0.3309 | |
| 0.7170 | | | | | | |
| 7 | 425.12 | 3796.00 | 9 | 0.8236 | -0.2765 | |
| 0.4263 | | | | | | |
| 8 | 460.43 | 3381.00 | 9 | 0.8582 | -0.2444 | |
| 0.4039 | | | | | | |
| 9 | 469.70 | 3370.00 | 9 | 0.9045 | -0.3330 | |
| 0.5931 | | | | | | |
| 10 | 507.60 | 3025.00 | 9 | 1.0162 | -0.6953 | |
| 1.4138 | | | | | | |
| 11 | 540.20 | 2740.00 | 9 | 1.0417 | -0.2741 | |
| 0.4950 | | | | | | |
| 12 | 647.13 | 22055.00 | 9 | 1.0945 | -0.6751 | |
| 0.6923 | | | | | | |
| 13 | 675.00 | 3880.00 | 8 | 0.3751 | 7.5212 | - |
| 0.6682 | | | | | | |

SRK SIMSCI INTERACTION PARAMETERS

$$K_{IJ} = A(I, J) + B(I, J)/T + C(I, J)/T^{**2}$$

| I | J | KA(I, J) | KB(I, J) | KC(I, J) | C(I, J) | UNITS | FROM |
|------|------|----------|----------|----------|---------|-------|--------|
| | | KA(J, I) | KB(J, I) | KC(J, I) | C(J, I) | | |
| ---- | ---- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ---- |
| 1 | 2 | 0.1000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |

SRK BANK

| | | | | | | | |
|------|------|--------|---------|------|--------|-------|--------|
| | | 0.1000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 3 | 0.0933 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0933 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 4 | 0.1363 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1363 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 5 | 0.1289 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1289 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 6 | 0.1285 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1285 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 7 | 0.1430 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1430 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 8 | 0.1310 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1310 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 9 | 0.1310 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1310 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 10 | 0.1120 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.1120 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 11 | 0.1529 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM | BANK | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 1 | 12 | 0.2774 | -123.38 | 0.00 | 1.5000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM | BANK | | | | | | |
| | | 0.2887 | -31.05 | 0.00 | 0.7000 | | |
| 2 | 3 | 0.0900 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |

SIMSCI
PAGE R-2

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
INPUT

THERMODYNAMIC DATA

07/01/19

=====

VLE K-VALUE DATA FOR SET 'AMINE'

| I | J | KA (I, J) KA (J, I) | KB (I, J) KB (J, I) | KC (I, J) KC (J, I) | C (I, J) C (J, I) | UNITS | FROM |
|------|------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------|--------|
| --- | --- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ---- |
| | | 0.0900 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 4 | 0.0850 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0850 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 5 | 0.0760 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0760 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 6 | 0.0600 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0600 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 7 | 0.0600 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0600 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 8 | 0.0650 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0650 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 9 | 0.0680 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0680 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 10 | 0.0680 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0680 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 11 | 0.0680 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0680 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 2 | 12 | 0.2443 | -84.41 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM | BANK | | | | | | |
| | | -0.0355 | 54.03 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 4 | -0.0545 | 10.41 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM | BANK | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 5 | -0.8336 | 385.79 | -43253.50 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM | BANK | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 6 | 0.0241 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 0.0241 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 7 | 5.600E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |
| | | 5.600E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 8 | -7.800E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK | BANK | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----------|----|------------|----------|-----------|--------|-------|--------|
| | | -7.800E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 9 | -0.2529 | 73.35 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 10 | -0.2599 | 90.50 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 11 | 0.0307 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 0.0307 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 3 | 12 | 1.7921 | -1167.81 | 161363.00 | 1.2235 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.1171 | 131.70 | 0.00 | 0.7606 | | |
| 3 | 13 | 1.4317 | -103.46 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 1.4317 | -103.46 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 5 | -0.2241 | 65.35 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 6 | -0.0100 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | -0.0100 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 7 | 6.700E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 6.700E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 9 | -0.3663 | 46.43 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 10 | -0.0543 | 20.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |

SIMSCI
PAGE R-3

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
INPUT

THERMODYNAMIC DATA

07/01/19

=====
=====

VLE K-VALUE DATA FOR SET 'AMINE'

| I | J | KA (I, J) KA (J, I) | KB (I, J) KB (J, I) | KC (I, J) KC (J, I) | C (I, J) C (J, I) | UNITS | FROM |
|-------------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------|--------|
| --- | --- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ---- |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 11 | 4.100E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 4.100E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 12 | 0.5470 | -220.62 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.6100 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 4 | 13 | 0.6407 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.6407 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 6 | -0.0100 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | -0.0100 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 7 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 8 | 7.800E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 7.800E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 9 | 0.0233 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 0.0233 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 10 | -2.200E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | -2.200E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 11 | 4.400E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 4.400E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 12 | 0.4451 | -194.16 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.7358 | -50.86 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 5 | 13 | 1.3032 | -396.85 | 71786.70 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 1.3032 | -396.85 | 71786.70 | 1.0000 | | |
| 6 | 7 | 1.100E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 1.100E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 6 | 12 | 0.3652 | -186.23 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.7052 | -32.26 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 6 | 13 | 0.5604 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| AMINE CORR. | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------------|----|------------|---------|-----------|--------|-------|--------|
| | | 0.5604 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 7 | 9 | 0.0204 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 0.0204 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 7 | 10 | -0.0111 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | -0.0111 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 7 | 11 | -4.000E-04 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | -4.000E-04 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 7 | 12 | 0.3375 | -177.30 | 0.00 | 0.3273 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.6427 | -17.60 | 0.00 | 1.1760 | | |
| 7 | 13 | 0.5604 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| AMINE CORR. | | | | | | | |
| | | 0.5604 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 8 | 12 | 0.2844 | -164.52 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.6948 | -52.54 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 8 | 13 | 0.5535 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| AMINE CORR. | | | | | | | |
| | | 0.5535 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 9 | 11 | 1.900E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | 1.900E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 9 | 12 | 0.8464 | -523.23 | 58701.50 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | -0.0673 | 506.46 | -91416.30 | 1.0000 | | |
| 9 | 13 | 0.5535 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| AMINE CORR. | | | | | | | |

SIMSCI
PAGE R-4

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
INPUT

THERMODYNAMIC DATA

07/01/19

=====
=====

VLE K-VALUE DATA FOR SET 'AMINE'

| I | J | KA(I,J) KA(J,I) | KB(I,J) KB(J,I) | KC(I,J) KC(J,I) | C(I,J) C(J,I) | UNITS | FROM |
|-------------|-----|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------|--------|
| --- | --- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | | 0.5535 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 10 | 11 | -1.100E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRK BANK | | | | | | | |
| | | -1.100E-03 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 10 | 12 | 0.3637 | -220.69 | 7732.16 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 3.0148 | -1563.34 | 239464.00 | 1.0000 | | |
| 10 | 13 | 0.5512 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| AMINE CORR. | | | | | | | |
| | | 0.5512 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 11 | 12 | 0.2021 | -147.93 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| SRKM BANK | | | | | | | |
| | | 0.0543 | 116.05 | 0.00 | 1.0000 | | |
| 11 | 13 | 0.5504 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | DEG K | SIMSCI |
| AMINE CORR. | | | | | | | |
| | | 0.5504 | 59.38 | 0.00 | 1.0000 | | |

ALL PAIRS NOT PRINTED ARE DEFAULTED TO IDEAL

SIMSCI R
PAGE R-1
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF INPUT
Nayara

THERMODYNAMIC DATA

=====

THERMODYNAMIC SETS USED FOR EACH UNIT OPERATION

DEFAULT METHOD IS AMINE

| THERMODYNAMIC SET | UNIT OPERATIONS |
|-------------------|--|
| ----- | ----- |
| AMINE | CL-3, D-101, K-101, V-101, E-101, D-102, CL-2, |
| CL-1, | M-101, E-102, M-102, L-101, E-103 |

| UNIT IDENTIFIER | UNIT OPERATION | THERMODYNAMIC SET |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ----- | ----- | ----- |
| CL-3 | CALCULATOR | AMINE |
| D-101 | COLUMN | AMINE |
| K-101 | VALVE | AMINE |
| V-101 | FLASH DRUM | AMINE |
| E-101 | HEAT EXCHANGER | AMINE, AMINE |
| D-102 | COLUMN | AMINE |
| CL-2 | CALCULATOR | AMINE |
| CL-1 | CALCULATOR | AMINE |
| M-101 | MIXER | AMINE |
| E-102 | HEAT EXCHANGER | AMINE, AMINE |
| M-102 | MIXER | AMINE |
| L-101 | PUMP | AMINE |
| E-103 | HEAT EXCHANGER | AMINE, AMINE |

SIMSCI R
PAGE R-2
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF INPUT
Nayara

THERMODYNAMIC DATA

=====

THERMODYNAMIC METHODS USED FOR EACH SET

| THERMODYNAMIC SET | AMINE (DEFAULT) |
|---------------------|-----------------------------------|
| PROPERTY | METHOD |
| ----- | ----- |
| KVALUE (VLE) | AMINE SYSTEM |
| KVALUE (LLE) | UNSPECIFIED |
| KVALUE (SLE) | UNSPECIFIED |
| LIQUID ENTHALPY | AMINE SYSTEM |
| VAPOR ENTHALPY | SRK-MODIFIED-PANAGIOTOPOULOS-REID |
| LIQUID DENSITY | IDEAL |
| VAPOR DENSITY | SRK-MODIFIED-PANAGIOTOPOULOS-REID |
| LIQUID ENTROPY | SRK-MODIFIED-PANAGIOTOPOULOS-REID |
| VAPOR ENTROPY | SRK-MODIFIED-PANAGIOTOPOULOS-REID |
| LIQUID VISCOSITY | IDEAL |
| VAPOR VISCOSITY | IDEAL |
| LIQUID CONDUCTIVITY | IDEAL |
| VAPOR CONDUCTIVITY | IDEAL |
| SURFACE TENSION | IDEAL |
| LIQUID DIFFUSIVITY | UNSPECIFIED |

SIMSCI R
PAGE H-1
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF CALCULATION
Nayara

HISTORY

06/30/19

=====
=====

PLANTA DE DESULFURACIÓN CON AMINAS

*** PROBLEM SOLUTION BEGINS

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of CO2 at temperature 319.26 K is outside

the acceptable range of 220 K through 290 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of MDEA at temperature 319.26 K is outside

the acceptable range of 337.5 K through 506.25 K.

FEED FLASH COMPLETE

Loop 1 BEGINS - 'LOOP1 '

UNIT 1 SOLVED - 'CL-3 '

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of METHANE at temperature 310.93 K is

outside the acceptable range of 90.69 K through 190

K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of ETHANE at temperature 310.93 K is

outside the acceptable range of 92 K through 290 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of IPENTANE at temperature 310.93 K is

outside the acceptable range of 113.25 K through 310

K.

INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 2.48961E-10

ITER 1 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 2.490E-10 E(SUM) = 3.437E-07

DAMP = 1.000E+00

INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 2.86790E-10

RETRIEVING PREVIOUS MATRIX

INNER 1 : E(ENTH+SPEC) = 3.02950E-12 ALPHA =

1.00000E+00

ITER 2 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 3.029E-12 E(SUM) = 2.632E-08

UNIT 2 SOLVED - 'D-101 '

UNIT 3 SOLVED - 'K-101 '

UNIT 4 SOLVED - 'V-101 '

UNIT 5 SOLVED - 'E-101 '

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of HYSULFID at temperature 374.55 K is

outside the acceptable range of 187.68 K through 370

K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of PROPANE at temperature 374.55 K is

outside the acceptable range of 85.47 K through 360

K.

INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 3.88050E-06

```

ITER 1 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 3.880E-06 E(SUM) =
5.719E-06
      DAMP = 1.000E+00
      INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 3.94418E-06
      RETRIEVING PREVIOUS MATRIX
      INNER 1 : E(ENTH+SPEC) = 9.73173E-10 ALPHA =
1.00000E+00
ITER 2 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 9.732E-10 E(SUM) =
1.857E-06
UNIT 6 SOLVED - 'D-102 '
UNIT 7 SOLVED - 'CL-2 '
UNIT 8 SOLVED - 'CL-1 '
UNIT 9 SOLVED - 'M-101 '
UNIT 10 SOLVED - 'E-102 '
UNIT 11 SOLVED - 'M-102 '
UNIT 12 SOLVED - 'L-101 '
UNIT 14 SOLVED - 'E-103 '
MAX ERRORS: X=-1.48E8 (11) T=-3.55E-7 (7)
           P=0.
Loop 1 NOT SOLVED after 1 trials
UNIT 1 SOLVED - 'CL-3 '
      INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 8.36626E-11
ITER 1 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 8.366E-11 E(SUM) =
1.494E-07
      DAMP = 1.000E+00
      INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 1.00111E-10

```


SIMSCI R
PAGE H-2
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF CALCULATION
Nayara

HISTORY

06/30/19

=====

RETRIEVING PREVIOUS MATRIX
INNER 1 : E(ENTH+SPEC) = 1.94309E-13 ALPHA =
1.00000E+00
ITER 2 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 1.943E-13 E(SUM) =
1.223E-08

UNIT 2 SOLVED - 'D-101 '
UNIT 3 SOLVED - 'K-101 '
UNIT 4 SOLVED - 'V-101 '
UNIT 5 SOLVED - 'E-101 '

INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 2.10794E-06
ITER 1 E(K) = 0.000E+00 E(ENTH+SPEC) = 2.108E-06 E(SUM) =
3.198E-06

DAMP = 1.000E+00
INNER 0 : E(ENTH+SPEC) = 1.93481E-06

RETRIEVING PREVIOUS MATRIX
INNER 1 : E(ENTH+SPEC) = 6.90665E-11 ALPHA =
1.00000E+00
ITER 2 E(K) = 5.016E-05 E(ENTH+SPEC) = 6.907E-11 E(SUM) =
1.123E-06

UNIT 6 SOLVED - 'D-102 '
UNIT 7 SOLVED - 'CL-2 '
UNIT 8 SOLVED - 'CL-1 '
UNIT 9 SOLVED - 'M-101 '
UNIT 10 SOLVED - 'E-102 '
UNIT 11 SOLVED - 'M-102 '
UNIT 12 SOLVED - 'L-101 '
UNIT 14 SOLVED - 'E-103 '

MAX ERRORS: X=-1.22E-5 (10) T=-3.79E-8 (8)
P=0.

Loop 1 SOLVED after 2 trials

*** PROBLEM SOLUTION REACHED

*** GLOBAL DEVIATION 0.00 MOLE PERCENT

*** MAXIMUM DEVIATION ON COMPONENT MDEA OF 0.00 MOLE PERCENT

*** THIS RUN USED 323.03 PRO/II SIMULATION UNITS

*** RUN STATISTICS

STARTED 23:41:59 06/30/19 NO ERRORS
FINISHED 23:42:00 06/30/19 NO WARNINGS
RUN TIMES 7 MESSAGES
INTERACTIVE 0 MIN, 0.00 SEC
CALCULATIONS 0 MIN, 1.66 SEC
TOTAL 0 MIN, 1.66 SEC

**

UNIT OPERATION MESSAGES SUMMARY OF LAST ITERATION

0 error(s), 0 warning(s), and 3 message(s) in CN-1:
** message ** The liquid enthalpy of methane at temperature 310.93
k is outside the acceptable range of 90.69 k through 190 k.
** message ** The liquid enthalpy of ethane at temperature 310.93 k
is outside the acceptable range of 92 k through 290 k.
** message ** The liquid enthalpy of ipentane at temperature 310.93
k is outside the acceptable range of 113.25 k through 310 k.
**
0 error(s), 0 warning(s), and 2 message(s) in RG-1:
** message ** The liquid enthalpy of hysulfid at temperature 373.57
k is outside

SIMSCI R
PAGE H-3
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF CALCULATION
Nayara

HISTORY

06/30/19

=====
=====

ide the acceptable range of 187.68 k through 370 k.
** message ** The liquid enthalpy of propane at temperature 373.57
k is outsi
de the acceptable range of 85.47 k through 360 k.

SIMSCI
PAGE I-1

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

INDEX

07/01/19

=====
=====

| PAGE | CONTENTS |
|------|--|
| 2 | COMPONENT DATA |
| 4 | CALCULATION SEQUENCE AND RECYCLES |
| 4 | SEQUENCE MAP |
| 5 | PLANT MATERIAL BALANCE |
| 6 | FLASH DRUM SUMMARY |
| 7 | VALVE SUMMARY |
| 8 | MIXER SUMMARY |
| | PUMP SUMMARY |
| 9 | UNIT 12, 'L-101' |
| | HEAT EXCHANGER SUMMARY |
| 10 | UNIT 5, 'E-101' |
| 11 | UNIT 10, 'E-102' |
| 12 | UNIT 14, 'E-103' |
| | CALCULATOR SUMMARY |
| 13 | UNIT 1, 'CL-3' |
| 13 | UNIT 7, 'CL-2', 'H2O' |
| 13 | UNIT 8, 'CL-1', 'MDEA' |
| | COLUMN SUMMARY |
| 14 | UNIT 2, 'D-101', 'Columna de absorcion' |
| 15 | TRAY RATES AND DENSITIES |
| 15 | TRAY TRANSPORT PROPERTIES |
| 16 | UNIT 6, 'D-102', 'Columna de recuperacion' |
| 18 | TRAY RATES AND DENSITIES |
| 19 | TRAY TRANSPORT PROPERTIES |
| 20 | MATERIAL BALANCE LIST |
| 26 | COMPONENT WEIGHT RATES |
| 32 | STREAM MOLAR COMPONENT RATES |
| 38 | STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS |
| 44 | STREAM SUMMARY |

SIMSCI
PAGE P-1
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF OUTPUT
Nayara

07/01/19

=====
=====

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of CO2 at temperature 355.63 K is outside the acceptable range of 220 K through 290 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of HYSULFID at temperature 385.63 K is outside the acceptable range of 187.68 K through 370 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of METHANE at temperature 325.71 K is outside the acceptable range of 90.69 K through 190 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of ETHANE at temperature 325.71 K is outside the acceptable range of 92 K through 290 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of IPENTANE at temperature 325.71 K is outside the acceptable range of 113.25 K through 310 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of MDEA at temperature 325.71 K is outside the acceptable range of 337.5 K through 506.25 K.

** MESSAGE ** The liquid enthalpy of PROPANE at temperature 361.61 K is outside the acceptable range of 85.47 K through 360 K.

SIMSCI
 PAGE P-2
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

COMPONENT DATA

07/01/19

=====

| COMPONENT | COMP. TYPE | PHASE | MOL. WEIGHT |
|------------|------------|-------------|-------------|
| DENSITY | | | |
| KG/M3 | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| 1 CO2 | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 44.010 |
| 816.427 | | | |
| 2 HYSULFID | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 34.082 |
| 800.450 | | | |
| 3 METHANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 16.043 |
| 299.704 | | | |
| 4 ETHANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 30.070 |
| 355.041 | | | |
| 5 PROPANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 44.097 |
| 505.787 | | | |
| 6 IBUTANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 58.123 |
| 563.835 | | | |
| 7 BUTANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 58.123 |
| 584.335 | | | |
| 8 IPENTANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 72.150 |
| 625.850 | | | |
| 9 PENTANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 72.150 |
| 631.126 | | | |
| 10 HEXANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 86.177 |
| 664.452 | | | |
| 11 HEPTANE | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 100.204 |
| 689.489 | | | |
| 12 H2O | LIBRARY | VAP/LIQ/SOL | 18.015 |
| 999.014 | | | |
| 13 MDEA | LIBRARY | VAP/LIQ | 119.164 |
| 1042.045 | | | |

| COMPONENT | NBP | CRIT. TEMP. | CRIT. PRES. |
|-------------|---------|-------------|-------------|
| CRIT. VOLM. | | | |
| M3/KG-MOL | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| 1 CO2 | 194.670 | 304.210 | 7383.000 |
| 0.0940 | | | |
| 2 HYSULFID | 212.800 | 373.530 | 8962.910 |
| 0.0985 | | | |
| 3 METHANE | 111.660 | 190.564 | 4599.000 |
| 0.0986 | | | |
| 4 ETHANE | 184.550 | 305.320 | 4872.000 |
| 0.1455 | | | |

| | | | | |
|--------|----------|---------|---------|-----------|
| 5 | PROPANE | 231.110 | 369.830 | 4248.000 |
| 0.2000 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 261.430 | 408.140 | 3648.000 |
| 0.2627 | | | | |
| 7 | BUTANE | 272.650 | 425.120 | 3796.000 |
| 0.2550 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 300.994 | 460.430 | 3381.000 |
| 0.3058 | | | | |
| 9 | PENTANE | 309.220 | 469.700 | 3370.000 |
| 0.3130 | | | | |
| 10 | HEXANE | 341.880 | 507.600 | 3025.000 |
| 0.3710 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 371.580 | 540.200 | 2740.000 |
| 0.4280 | | | | |
| 12 | H2O | 373.150 | 647.130 | 22055.000 |
| 0.0559 | | | | |
| 13 | MDEA | 518.000 | 675.000 | 3880.000 |
| 0.3680 | | | | |

| | COMPONENT | ACEN. FACT. | HEAT FORM. KJ/KG-MOL | G FORM. KJ/KG-MOL |
|----|-----------|-------------|-------------------------|----------------------|
| | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 1 | CO2 | 0.22362 | -393510.00 | -394370.00 |
| 2 | HYSULFID | 0.09417 | -20630.00 | -33440.00 |
| 3 | METHANE | 0.01155 | -74520.00 | -50490.00 |
| 4 | ETHANE | 0.09949 | -83820.00 | -31920.00 |
| 5 | PROPANE | 0.15229 | -104680.00 | -24390.00 |
| 6 | IBUTANE | 0.18077 | -134180.00 | -20760.00 |
| 7 | BUTANE | 0.20016 | -125790.00 | -16700.00 |
| 8 | IPENTANE | 0.22746 | -153700.00 | -14050.00 |
| 9 | PENTANE | 0.25151 | -146760.00 | -8813.00 |
| 10 | HEXANE | 0.30126 | -166940.00 | -66.34 |
| 11 | HEPTANE | 0.34947 | -187650.00 | 8165.00 |
| 12 | H2O | 0.34486 | -241814.00 | -228590.00 |
| 13 | MDEA | 1.16490 | -380000.00 | -169000.00 |

SIMSCI
PAGE P-3

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

COMPONENT DATA

07/01/19

=====
=====

| COMPONENT | DATABANK(S) USED |
|------------|------------------|
| 1 CO2 | SIMSCI |
| 2 HYSULFID | SIMSCI |
| 3 METHANE | SIMSCI |
| 4 ETHANE | SIMSCI |
| 5 PROPANE | SIMSCI |
| 6 IBUTANE | SIMSCI |
| 7 BUTANE | SIMSCI |
| 8 IPENTANE | SIMSCI |
| 9 PENTANE | SIMSCI |
| 10 HEXANE | SIMSCI |
| 11 HEPTANE | SIMSCI |
| 12 H2O | SIMSCI |
| 13 MDEA | SIMSCI |

SIMSCI
PAGE P-4

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

CALCULATION SEQUENCE AND RECYCLES

07/01/19

=====

CALCULATION SEQUENCE

| SEQ | UNIT ID | UNIT TYPE | SEQ | UNIT ID | UNIT TYPE |
|-----|---------|------------|-----|---------|------------|
| 1 | CL-3 | CALCULATOR | 8 | CL-1 | CALCULATOR |
| 2 | D-101 | COLUMN | 9 | M-101 | MIXER |
| 3 | K-101 | VALVE | 10 | E-102 | HX |
| 4 | V-101 | FLASH | 11 | M-102 | MIXER |
| 5 | E-101 | HX | 12 | L-101 | PUMP |
| 6 | D-102 | COLUMN | 13 | E-103 | HX |
| 7 | CL-2 | CALCULATOR | | | |

RECYCLE LOOPS

| ----- LOOPS ----- | | | ----- TEAR STREAMS ----- | | |
|-------------------|------------|-----------|--------------------------|-----------|---------|
| ID | FIRST UNIT | LAST UNIT | ID | FROM UNIT | TO UNIT |
| LOOP1 | CL-3 | E-103 | 9 | D-102 | E-101 |
| | | | 17 | E-103 | D-101 |
| | | | A2 | E-103 | CL-3 |

SEQUENCE MAP

| SEQ | DESCRIPTION | |
|-----|----------------------------|-------|
| | BEGIN RECYCLE LOOP 'LOOP1' | <---+ |
| 1 | CALCULATOR 'CL-3' | |
| 2 | COLUMN 'D-101' | |
| 3 | VALVE 'K-101' | |
| 4 | FLASH 'V-101' | |
| 5 | HX 'E-101' | |
| 6 | COLUMN 'D-102' | |
| 7 | CALCULATOR 'CL-2' | |
| 8 | CALCULATOR 'CL-1' | |
| 9 | MIXER 'M-101' | |
| 10 | HX 'E-102' | |
| 11 | MIXER 'M-102' | |
| 12 | PUMP 'L-101' | |
| 13 | HX 'E-103' | |

END RECYCLE LOOP 'LOOP1'

-->+

SIMSCI
PAGE P-5

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

PLANT MATERIAL BALANCE

07/01/19

=====

| | | | |
|------------------|----|----|----|
| FEED STREAMS: | 1 | 14 | A1 |
| | 11 | S1 | |
| PRODUCT STREAMS: | 2 | 5 | 8 |
| | A2 | S2 | |

OVERALL PLANT MOLAR BALANCE

| | | ----- KG-MOL/HR ----- | | | |
|---------|------------|-----------------------|-----------|-----------|------------|
| PERCENT | COMPONENT | FEED | +REACTION | -PRODUCT | =DEVIATION |
| DEV | | | | | |
| ----- | | | | | |
| 0.00 | 1 CO2 | 4.521 | 0.000 | 4.521 | 0.000 |
| 0.00 | 2 HYSULFID | 5.631 | 0.000 | 5.631 | 0.000 |
| 0.00 | 3 METHANE | 291.958 | 0.000 | 291.958 | 0.000 |
| 0.00 | 4 ETHANE | 21.233 | 0.000 | 21.233 | 0.000 |
| 0.00 | 5 PROPANE | 5.668 | 0.000 | 5.668 | 0.000 |
| 0.00 | 6 IBUTANE | 0.600 | 0.000 | 0.600 | 0.000 |
| 0.00 | 7 BUTANE | 0.792 | 0.000 | 0.792 | 0.000 |
| 0.00 | 8 IPENTANE | 0.229 | 0.000 | 0.229 | 0.000 |
| 0.00 | 9 PENTANE | 0.235 | 0.000 | 0.235 | 0.000 |
| 0.00 | 10 HEXANE | 0.179 | 0.000 | 0.179 | 0.000 |
| 0.00 | 11 HEPTANE | 0.202 | 0.000 | 0.202 | 0.000 |
| 0.00 | 12 H2O | 17426.712 | 0.000 | 17426.712 | 0.000 |
| 0.00 | 13 MDEA | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.00 | TOTAL | 17757.959 | 0.000 | 17757.959 | 0.000 |

OVERALL PLANT MASS BALANCE

| PERCENT | | ----- KG/HR ----- | | | |
|---------|------------|-------------------|-----------|-----------|------------|
| DEV | COMPONENT | FEED | +REACTION | -PRODUCT | =DEVIATION |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 0.00 | 1 CO2 | 198.99 | 0.00 | 198.99 | 0.00 |
| 0.00 | 2 HYSULFID | 191.92 | 0.00 | 191.92 | 0.00 |
| 0.00 | 3 METHANE | 4683.81 | 0.00 | 4683.81 | 0.00 |
| 0.00 | 4 ETHANE | 638.46 | 0.00 | 638.46 | 0.00 |
| 0.00 | 5 PROPANE | 249.92 | 0.00 | 249.92 | 0.00 |
| 0.00 | 6 IBUTANE | 34.85 | 0.00 | 34.85 | 0.00 |
| 0.00 | 7 BUTANE | 46.01 | 0.00 | 46.01 | 0.00 |
| 0.00 | 8 IPENTANE | 16.49 | 0.00 | 16.49 | 0.00 |
| 0.00 | 9 PENTANE | 16.97 | 0.00 | 16.97 | 0.00 |
| 0.00 | 10 HEXANE | 15.41 | 0.00 | 15.41 | 0.00 |
| 0.00 | 11 HEPTANE | 20.25 | 0.00 | 20.25 | 0.00 |
| 0.00 | 12 H2O | 313947.09 | 0.00 | 313947.09 | 0.00 |
| 0.00 | 13 MDEA | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.00 | TOTAL | 320060.18 | 0.00 | 320060.18 | 0.00 |

SIMSCI
PAGE P-6
PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

R
PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

07/01/19

FLASH DRUM SUMMARY

=====
=====

| | |
|--------------------|-------------|
| FLASH ID | V-101 |
| NAME | Flash |
| FEEDS | 4 |
| PRODUCTS VAPOR | 5 |
| LIQUID | 6 |
| TEMPERATURE, K | 319.833 |
| PRESSURE, KPA | 111.006 |
| PRESSURE DROP, KPA | 0.000 |
| MOLE FRAC VAPOR | 4.01757E-04 |
| MOLE FRAC LIQUID | 0.99960 |
| MOLE FRAC MW SOLID | 0.00000 |
| DUTY, M*KJ/HR | 0.00000 |
| FLASH TYPE | ADIABATIC-P |

SIMSCI R
PAGE P-7
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF OUTPUT
Nayara

VALVE SUMMARY

07/01/19

=====

| | |
|--------------------|-----------------------|
| VALVE ID | K-101 |
| NAME | Valvula de presion |
| FEEDS | 3 |
| PRODUCTS MIXED | 4 |
| TEMPERATURE, K | 319.833 |
| PRESSURE, KPA | 111.006 |
| PRESSURE DROP, KPA | 1647.158 |
| MOLE FRAC VAPOR | 4.01757E-04 |
| MOLE FRAC LIQUID | 0.99960 |
| MOLE FRAC MW SOLID | 0.00000 |

SIMSCI R
PAGE P-8
PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
PROBLEM DESULF OUTPUT
Nayara

MIXER SUMMARY

07/01/19

=====

| MIXER ID | M-101 | M-102 |
|--------------------|---------|---------|
| NAME | | |
| FEEDS | 10 | 13 |
| | 11 | 14 |
| PRODUCTS LIQUID | 12 | 15 |
| TEMPERATURE, K | 349.817 | 338.718 |
| PRESSURE, KPA | 101.353 | 101.353 |
| PRESSURE DROP, KPA | 5.516 | 0.000 |
| MOLE FRAC VAPOR | 0.00000 | 0.00000 |
| MOLE FRAC LIQUID | 1.00000 | 1.00000 |
| MOLE FRAC MW SOLID | 0.00000 | 0.00000 |

SIMSCI R
 PAGE P-9
 PROJECT NAN_DESULF PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 PROBLEM DESULF OUTPUT
 Nayara

PUMP SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 12, 'L-101'

Feeds 15
 Products Liquid 16

OPERATING CONDITIONS

| | INLET | OUTLET |
|--------------------------------|----------|----------|
| | ----- | ----- |
| TEMPERATURE, K | 338.72 | 339.34 |
| PRESSURE, KPA | 101.35 | 1792.64 |
| MOLE FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 |
| MOLE FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 |
| MOLE FRAC MW SOLID | 0.0000 | 0.0000 |
| WEIGHT FRAC MW SOLID | 0.0000 | 0.0000 |
| ACT FLOW RATE, M3/HR | 152.3655 | 152.4218 |
| PUMP EFFICIENCY, PERCENT | | 70.0000 |
| HEAD, M | | 176.0393 |
| SHAFT WORK, KW | | 102.2593 |
| MECHANICAL EFFICIENCY, PERCENT | | 100.0000 |
| SHAFT POWER, KW | | 102.2593 |
| OVERALL EFFICIENCY, PERCENT | | 70.0000 |

SIMSCI
PAGE P-10

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

HEAT EXCHANGER SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 5, 'E-101'

| OPERATING CONDITIONS | OVERALL | FROM ZONES |
|----------------------|---------|------------|
| | ----- | ----- |
| DUTY, M*KJ/HR | 17.252 | |
| LMTD, K | 29.823 | 29.840 |
| F FACTOR (FT) | 1.000 | 1.000 |
| MTD, K | 29.823 | 29.840 |
| U*A, KW/K | 160.691 | 160.598 |

| HOT SIDE CONDITIONS | INLET | OUTLET |
|-------------------------|----------|----------|
| | ----- | ----- |
| FEED | 9 | |
| LIQUID PRODUCT | | 10 |
| LIQUID, KG-MOL/HR | 7231.649 | 7231.649 |
| K*KG/HR | 149.310 | 149.310 |
| CP, KJ/KG-K | 4.000 | 3.948 |
| TOTAL, KG-MOL/HR | 7231.649 | 7231.649 |
| K*KG/HR | 149.310 | 149.310 |
| CONDENSATION, KG-MOL/HR | | 0.000 |
| TEMPERATURE, K | 378.899 | 349.817 |
| PRESSURE, KPA | 120.658 | 120.658 |

| COLD SIDE CONDITIONS | INLET | OUTLET |
|-------------------------|----------|-----------|
| | ----- | ----- |
| FEED | 6 | |
| MIXED PRODUCT | | 7 |
| VAPOR, KG-MOL/HR | | 8.565E-02 |
| K*KG/HR | | 1.639E-03 |
| CP, KJ/KG-K | | 2.070 |
| LIQUID, KG-MOL/HR | 7243.445 | 7243.359 |
| K*KG/HR | 149.730 | 149.728 |
| CP, KJ/KG-K | 3.920 | 3.944 |
| TOTAL, KG-MOL/HR | 7243.445 | 7243.445 |
| K*KG/HR | 149.730 | 149.730 |
| VAPORIZATION, KG-MOL/HR | | 8.565E-02 |
| TEMPERATURE, K | 319.833 | 349.237 |
| PRESSURE, KPA | 111.006 | 111.006 |

ZONE ANALYSIS

| DUTY --- | -- HOT TEMP --- | | -- COLD TEMP -- | | LMTD | --- U*A --- | -- |
|----------|-----------------|--------|-----------------|--------|------|-------------|----|
| | INLET | OUTLET | INLET | OUTLET | | | |

| ZONES M* KJ/HR | K | K | K | K | K | KW/K | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-----|
| ----- ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | --- |
| 1 | 355.66 | 349.82 | 319.83 | 325.72 | 29.96 | 31.989 | |
| 3.450 | | | | | | | |
| 2 | 361.50 | 355.66 | 325.72 | 331.61 | 29.91 | 32.042 | |
| 3.450 | | | | | | | |
| 3 | 367.31 | 361.50 | 331.61 | 337.50 | 29.85 | 32.109 | |
| 3.450 | | | | | | | |
| 4 | 373.11 | 367.31 | 337.50 | 343.37 | 29.78 | 32.187 | |
| 3.450 | | | | | | | |
| 5 PINCH | 378.90 | 373.11 | 343.37 | 349.24 | 29.70 | 32.271 | |
| 3.450 | | | | | | | |
| ----- | | | | | | ----- | --- |
| TOTAL | | | | | | 160.598 | |
| 17.252 | | | | | | | |

SIMSCI
PAGE P-11

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

HEAT EXCHANGER SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 5, 'E-101' (Cont)

1 PINCH POINT FOUND

| PINCH NUMBER | BETWEEN ZONES | HOT TEMP K | COLD TEMP K | TEMP DIFF K |
|-----------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| 1 | 5- 5 | 373.113 | 343.375 | 29.739 |

UNIT 10, 'E-102'

OPERATING CONDITIONS

| | |
|---------------|--------|
| DUTY, M*KJ/HR | 6.535 |
| LMTD, K | 38.058 |
| F FACTOR (FT) | 0.984 |
| MTD, K | 37.446 |
| U*A, KW/K | 48.477 |

HOT SIDE CONDITIONS

| | INLET | OUTLET |
|-------------------------|----------|----------|
| FEED | 12 | |
| LIQUID PRODUCT | | 13 |
| LIQUID, KG-MOL/HR | 7231.649 | 7231.649 |
| K*KG/HR | 149.310 | 149.310 |
| CP, KJ/KG-K | 3.948 | 3.932 |
| TOTAL, KG-MOL/HR | 7231.649 | 7231.649 |
| K*KG/HR | 149.310 | 149.310 |
| CONDENSATION, KG-MOL/HR | | 0.000 |
| TEMPERATURE, K | 349.817 | 338.706 |
| PRESSURE, KPA | 101.353 | 101.353 |

COLD SIDE CONDITIONS

| | INLET | OUTLET |
|-------------------------|----------|----------|
| FEED | S1 | |
| LIQUID PRODUCT | | S2 |
| LIQUID, KG-MOL/HR | 7000.000 | 7000.000 |
| K*KG/HR | 126.107 | 126.107 |
| CP, KJ/KG-K | 4.183 | 4.177 |
| TOTAL, KG-MOL/HR | 7000.000 | 7000.000 |
| K*KG/HR | 126.107 | 126.107 |
| CONDENSATION, KG-MOL/HR | | 0.000 |

| | | |
|----------------|---------|---------|
| TEMPERATURE, K | 300.000 | 312.400 |
| PRESSURE, KPA | 300.000 | 300.000 |

SIMSCI
PAGE P-12

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

HEAT EXCHANGER SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 14, 'E-103'

OPERATING CONDITIONS

| | |
|---------------|---------|
| DUTY, M*KJ/HR | 11.779 |
| LMTD, K | 27.463 |
| F FACTOR (FT) | 0.929 |
| MTD, K | 25.522 |
| U*A, KW/K | 128.202 |

HOT SIDE CONDITIONS

| | INLET | OUTLET |
|-------------------------|----------|----------|
| | ----- | ----- |
| FEED | 16 | |
| LIQUID PRODUCT | | 17 |
| LIQUID, KG-MOL/HR | 7235.084 | 7235.084 |
| K*KG/HR | 149.371 | 149.371 |
| CP, KJ/KG-K | 3.933 | 3.925 |
| TOTAL, KG-MOL/HR | 7235.084 | 7235.084 |
| K*KG/HR | 149.371 | 149.371 |
| CONDENSATION, KG-MOL/HR | | 0.000 |
| TEMPERATURE, K | 339.345 | 319.261 |
| PRESSURE, KPA | 1792.638 | 1792.638 |

COLD SIDE CONDITIONS

| | INLET | OUTLET |
|-------------------------|-----------|-----------|
| | ----- | ----- |
| FEED | A1 | |
| LIQUID PRODUCT | | A2 |
| LIQUID, KG-MOL/HR | 10423.127 | 10423.127 |
| K*KG/HR | 187.776 | 187.776 |
| CP, KJ/KG-K | 4.188 | 4.178 |
| TOTAL, KG-MOL/HR | 10423.127 | 10423.127 |
| K*KG/HR | 187.776 | 187.776 |
| CONDENSATION, KG-MOL/HR | | 0.000 |
| TEMPERATURE, K | 294.261 | 309.261 |
| PRESSURE, KPA | 102.042 | 102.042 |

SIMSCI
PAGE P-13

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

R

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

CALCULATOR SUMMARY

07/01/19

=====
=====

UNIT 1, 'CL-3'

| Result | Name | Value |
|--------|------|-----------|
| 1- 200 | | Undefined |

| Parameter | Value |
|-----------|-----------|
| 1- 50 | Undefined |

- - - - -
- - -

UNIT 7, 'CL-2', 'H2O'

| Result | Name | Value | Result | Name |
|--------|------|-------------|--------|------|
| 1 | | 3.43463E+00 | 2- 200 | |

Value

Undefined

| Parameter | Value |
|-----------|-----------|
| 1- 50 | Undefined |

- - - - -
- - -

UNIT 8, 'CL-1', 'MDEA'

| Result | Name | Value | Result | Name |
|--------|------|-------------|--------|------|
| 1 | | 4.05193E-05 | 2- 200 | |

Value

Undefined

| Parameter | Value |
|-----------|-----------|
| 1- 50 | Undefined |

SIMSCI
PAGE P-14

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

COLUMN SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 2, 'D-101', 'Columna de absorcion'

TOTAL NUMBER OF ITERATIONS

IN/OUT METHOD 21

COLUMN SUMMARY

| | | | ----- NET FLOW RATES ----- | | | |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------|---------|---------|
| HEATER TRAY | TEMP | PRESSURE | LIQUID | VAPOR | FEED | PRODUCT |
| DUTIES | DEG K | KPA | KG-MOL/HR | | | |
| M*KJ/HR | ----- | | ----- | | | |
| 1 | 319.3 | 1723.69 | 7237.8 | | 7235.1L | 320.1V |
| 2 | 319.3 | 1730.58 | 7237.8 | 322.9 | | |
| 3 | 319.3 | 1737.48 | 7237.8 | 322.9 | | |
| 4 | 319.3 | 1744.37 | 7237.8 | 322.9 | | |
| 5 | 319.3 | 1751.27 | 7237.9 | 322.9 | | |
| 6 | 319.9 | 1758.16 | | 323.0 | 331.4V | 7246.4L |

FEED AND PRODUCT STREAMS

| TYPE | | STREAM | PHASE | FROM | TO | LIQUID | FLOW RATES |
|------------|----|--------|--------|-------|------|--------|------------|
| HEAT RATES | | | | TRAY | TRAY | FRAC | KG-MOL/HR |
| M*KJ/HR | | ----- | | ----- | | ----- | |
| FEED | 17 | | LIQUID | | 1 | 1.0000 | 7235.08 |
| 26.8733 | | | | | | | |
| FEED | 1 | | VAPOR | | 6 | 0.0000 | 331.40 |
| 1.7757 | | | | | | | |
| PROD | 2 | | VAPOR | | 1 | | 320.12 |
| 1.7921 | | | | | | | |
| PROD | 3 | | LIQUID | | 6 | | 7246.36 |
| 26.8569 | | | | | | | |

OVERALL MOLE BALANCE, (FEEDS - PRODUCTS) 0.00
 OVERALL HEAT BALANCE, (H(IN) - H(OUT)) -
 2.8995E-09

SIMSCI
PAGE P-15

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

COLUMN SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 2, 'D-101', 'Columna de absorcion' (Cont)

TRAY NET VAPOR RATES AND DENSITIES

| | | | | ----- RATES ----- | |
|----------------|--------|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| TRAY ACTUAL | MW | ACTUAL DENS KG/M3 | Z FROM DENSITY | K*KG/HR | STANDARD K*M3/HR |
| 1 0.480 | 17.818 | 11.89540 | 0.97260 | 5.704 | 7.584 |
| 2 0.482 | 17.822 | 11.94736 | 0.97247 | 5.754 | 7.648 |
| 3 0.480 | 17.822 | 11.99636 | 0.97237 | 5.754 | 7.649 |
| 4 0.478 | 17.822 | 12.04530 | 0.97226 | 5.754 | 7.649 |
| 5 0.476 | 17.822 | 12.09328 | 0.97216 | 5.754 | 7.649 |
| 6 0.475 | 17.827 | 12.12137 | 0.97226 | 5.758 | 7.652 |

TRAY NET LIQUID RATES AND DENSITIES

| | | | | ----- RATES ----- | |
|----------------|--------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| TRAY ACTUAL | MW | ACTUAL DENS KG/M3 | Z FROM DENSITY | K*KG/HR | STD LIQ M3/HR |
| 1 151.041 | 20.645 | 989.278 | 0.01355 | 149.421 | 148.757 |
| 2 151.042 | 20.645 | 989.273 | 0.01360 | 149.421 | 148.758 |
| 3 151.043 | 20.645 | 989.268 | 0.01366 | 149.421 | 148.758 |
| 4 151.043 | 20.645 | 989.262 | 0.01371 | 149.422 | 148.759 |
| 5 151.053 | 20.645 | 989.227 | 0.01377 | 149.426 | 148.764 |

6 20.670 986.984 0.01384 149.783 149.215
 151.759

TRAY TRANSPORT PROPERTIES

| TRAY SURFACE | THERMAL CONDUCTIVITY - W/M-K | | VISCOSITY - PAS | | TENSION N/M |
|--------------|------------------------------|------------|-----------------|------------|-------------|
| | LIQUID | VAPOR | LIQUID | VAPOR | |
| 1 | 3.9657E-01 | 3.5486E-02 | 7.3775E-04 | 1.1546E-05 | 6.7783E-02 |
| 2 | 3.9656E-01 | 3.5481E-02 | 7.3776E-04 | 1.1545E-05 | 6.7783E-02 |
| 3 | 3.9656E-01 | 3.5482E-02 | 7.3778E-04 | 1.1545E-05 | 6.7783E-02 |
| 4 | 3.9655E-01 | 3.5482E-02 | 7.3778E-04 | 1.1545E-05 | 6.7783E-02 |
| 5 | 3.9646E-01 | 3.5485E-02 | 7.3743E-04 | 1.1546E-05 | 6.7778E-02 |
| 6 | 3.8781E-01 | 3.5560E-02 | 7.2731E-04 | 1.1565E-05 | 6.7577E-02 |

SIMSCI
PAGE P-16

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

COLUMN SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 6, 'D-102', 'Columna de recuperacion'

TOTAL NUMBER OF ITERATIONS

IN/OUT METHOD 136

COLUMN SUMMARY

| | | ----- NET FLOW RATES ----- | | | | |
|-------------|-------|----------------------------|-----------|--------|---------|---------|
| HEATER TRAY | TEMP | PRESSURE | LIQUID | VAPOR | FEED | PRODUCT |
| DUTIES | DEG K | KPA | KG-MOL/HR | | | |
| M*KJ/HR | | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 1C | 322.0 | 93.08 | 2887.6 | | | 11.8V |
| -129.8114 | | | | | | |
| 2 | 374.6 | 106.87 | 3166.3 | 2899.4 | | |
| 3 | 374.9 | 108.25 | 3167.7 | 3178.1 | | |
| 4 | 375.3 | 109.63 | 3167.3 | 3179.5 | | |
| 5 | 376.2 | 111.01 | 10807.8 | 3179.0 | 7243.4L | |
| 6 | 376.6 | 112.38 | 10815.9 | 3576.1 | | |
| 7 | 376.9 | 113.76 | 10822.7 | 3584.3 | | |
| 8 | 377.3 | 115.14 | 10829.3 | 3591.1 | | |
| 9 | 377.6 | 116.52 | 10835.7 | 3597.6 | | |
| 10 | 378.0 | 117.90 | 10842.1 | 3604.1 | | |
| 11 | 378.3 | 119.28 | 10847.5 | 3610.4 | | |
| 12R | 378.9 | 120.66 | | 3615.8 | | 7231.6L |
| 148.0161 | | | | | | |

FEED AND PRODUCT STREAMS

| TYPE | STREAM | PHASE | FROM | TO | LIQUID | FLOW RATES |
|------------|--------|--------|-------|-------|--------|------------|
| HEAT RATES | | | TRAY | TRAY | FRAC | KG-MOL/HR |
| M*KJ/HR | | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| FEED | 7 | LIQUID | | 5 | 1.0000 | 7243.44 |
| 44.0808 | | | | | | |
| PROD | 8 | VAPOR | 1 | | | 11.80 |
| 0.2381 | | | | | | |
| PROD | 9 | LIQUID | 12 | | | 7231.65 |
| 62.0474 | | | | | | |

OVERALL MOLE BALANCE, (FEEDS - PRODUCTS) -1.5987E-12
 OVERALL HEAT BALANCE, (H(IN) - H(OUT))
 4.6082E-09

SPECIFICATIONS

| SPECIFICATION CALCULATED NUMBER VALUE | PARAMETER TYPE | TRAY NO | COMP NO | SPECIFICATION TYPE | SPECIFIED VALUE |
|--|-------------------|------------|------------|-----------------------|--------------------|
| ----- | ----- | ---- | ----- | ----- | ----- |
| 1 (ACTIVE) 1.200E+02 | TRAY LIQ | 1 | | TEMPERATURE | 1.200E+02 |
| 2 (ACTIVE) 5.000E-01 | TRAY VAP | 12 | | MOL RATIO | 5.000E-01 |

SIMSCI
PAGE P-17

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

COLUMN SUMMARY

07/01/19

=====
=====

UNIT 6, 'D-102', 'Columna de recuperacion' (Cont)

REFLUX RATIOS

| | ----- REFLUX RATIOS ----- | | |
|---------------------------|---------------------------|----------|-----------|
| | MOLAR | WEIGHT | STD L VOL |
| | ----- | ----- | ----- |
| REFLUX / FEED STREAM 7 | 0.3986 | 0.3476 | 0.3496 |
| REFLUX / VAPOR DISTILLATE | 244.8064 | 123.7788 | 100.2321 |

SIMSCI
PAGE P-18

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

COLUMN SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 6, 'D-102', 'Columna de recuperacion' (Cont)

TRAY NET VAPOR RATES AND DENSITIES

| | | | | ----- RATES ----- | |
|---------|--------|-------------|---------|-------------------|----------|
| TRAY | MW | ACTUAL DENS | Z FROM | | STANDARD |
| ACTUAL | | KG/M3 | DENSITY | K*KG/HR | K*M3/HR |
| K*M3/HR | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 1 | 35.648 | 1.24529 | 0.99512 | 0.420 | 0.279 |
| 0.338 | | | | | |
| 2 | 18.096 | 0.62645 | 0.99129 | 52.467 | 68.687 |
| 83.752 | | | | | |
| 3 | 18.081 | 0.63340 | 0.99119 | 57.462 | 75.290 |
| 90.720 | | | | | |
| 4 | 18.081 | 0.64091 | 0.99110 | 57.487 | 75.323 |
| 89.696 | | | | | |
| 5 | 18.088 | 0.64777 | 0.99104 | 57.502 | 75.313 |
| 88.768 | | | | | |
| 6 | 18.040 | 0.65342 | 0.99094 | 64.511 | 84.720 |
| 98.729 | | | | | |
| 7 | 18.032 | 0.66061 | 0.99085 | 64.633 | 84.913 |
| 97.839 | | | | | |
| 8 | 18.030 | 0.66796 | 0.99076 | 64.746 | 85.074 |
| 96.931 | | | | | |
| 9 | 18.028 | 0.67534 | 0.99067 | 64.858 | 85.229 |
| 96.038 | | | | | |
| 10 | 18.027 | 0.68274 | 0.99058 | 64.970 | 85.382 |
| 95.162 | | | | | |
| 11 | 18.026 | 0.69013 | 0.99050 | 65.081 | 85.532 |
| 94.303 | | | | | |
| 12 | 18.029 | 0.69717 | 0.99042 | 65.188 | 85.660 |
| 93.504 | | | | | |

TRAY NET LIQUID RATES AND DENSITIES

| | | | | ----- RATES ----- | |
|--------|-------|-------------|---------|-------------------|---------|
| TRAY | MW | ACTUAL DENS | Z FROM | | STD LIQ |
| ACTUAL | | KG/M3 | DENSITY | K*KG/HR | M3/HR |
| M3/HR | | | | | |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

| | | | | | |
|---------|--------|---------|----------|---------|---------|
| 1 | 18.024 | 985.234 | 6.36E-04 | 52.047 | 52.111 |
| 52.827 | | | | | |
| 2 | 18.015 | 956.600 | 6.46E-04 | 57.042 | 57.098 |
| 59.630 | | | | | |
| 3 | 18.015 | 956.341 | 6.54E-04 | 57.067 | 57.123 |
| 59.672 | | | | | |
| 4 | 18.022 | 956.022 | 6.62E-04 | 57.083 | 57.139 |
| 59.709 | | | | | |
| 5 | 19.784 | 954.719 | 7.35E-04 | 213.821 | 213.144 |
| 223.962 | | | | | |
| 6 | 19.780 | 954.768 | 7.44E-04 | 213.943 | 213.254 |
| 224.078 | | | | | |
| 7 | 19.778 | 954.662 | 7.52E-04 | 214.056 | 213.362 |
| 224.221 | | | | | |
| 8 | 19.777 | 954.508 | 7.61E-04 | 214.168 | 213.472 |
| 224.375 | | | | | |
| 9 | 19.775 | 954.335 | 7.69E-04 | 214.280 | 213.581 |
| 224.533 | | | | | |
| 10 | 19.774 | 954.157 | 7.77E-04 | 214.391 | 213.690 |
| 224.691 | | | | | |
| 11 | 19.774 | 953.982 | 7.86E-04 | 214.498 | 213.794 |
| 224.845 | | | | | |
| 12 | 20.647 | 953.735 | 8.29E-04 | 149.310 | 148.539 |
| 156.552 | | | | | |

SIMSCI
PAGE P-19

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

COLUMN SUMMARY

07/01/19

=====

UNIT 6, 'D-102', 'Columna de recuperacion' (Cont)

TRAY TRANSPORT PROPERTIES

| TRAY SURFACE | THERMAL CONDUCTIVITY - W/M-K | | VISCOSITY - PAS | | TENSION N/M |
|-----------------|---------------------------------|------------|--------------------|------------|----------------|
| | LIQUID | VAPOR | LIQUID | VAPOR | |
| 1 | 6.2816E-01 | 1.7646E-02 | 5.7007E-04 | 1.4349E-05 | 6.8071E-02 |
| 2 | 6.7700E-01 | 2.4558E-02 | 2.7526E-04 | 1.2575E-05 | 5.7940E-02 |
| 3 | 6.7718E-01 | 2.4596E-02 | 2.7411E-04 | 1.2585E-05 | 5.7864E-02 |
| 4 | 6.7474E-01 | 2.4626E-02 | 2.7312E-04 | 1.2598E-05 | 5.7791E-02 |
| 5 | 4.2404E-01 | 2.4696E-02 | 2.9196E-04 | 1.2630E-05 | 5.7116E-02 |
| 6 | 4.2476E-01 | 2.4740E-02 | 2.9061E-04 | 1.2629E-05 | 5.7044E-02 |
| 7 | 4.2491E-01 | 2.4772E-02 | 2.8942E-04 | 1.2641E-05 | 5.6978E-02 |
| 8 | 4.2495E-01 | 2.4802E-02 | 2.8827E-04 | 1.2653E-05 | 5.6913E-02 |
| 9 | 4.2496E-01 | 2.4832E-02 | 2.8713E-04 | 1.2666E-05 | 5.6848E-02 |
| 10 | 4.2497E-01 | 2.4861E-02 | 2.8602E-04 | 1.2678E-05 | 5.6783E-02 |
| 11 | 4.2488E-01 | 2.4890E-02 | 2.8494E-04 | 1.2690E-05 | 5.6719E-02 |
| 12 | 3.7787E-01 | 2.4939E-02 | 2.9350E-04 | 1.2712E-05 | 5.6367E-02 |

SIMSCI
 PAGE P-20
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

MATERIAL BALANCE LIST

07/01/19

=====

| STREAM ID | A1 | A2 | S1 |
|----------------------|------------|------------|-----------|
| S2 | | | |
| NAME | | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 294.26 | 309.26 | 300.00 |
| 312.40 | | | |
| PRESSURE, KPA | 102.042 | 102.042 | 300.000 |
| 300.000 | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 10423.1271 | 10423.1271 | 7000.0000 |
| 7000.0000 | | | |
| COMP. MOLE FRACTIONS | | | |
| 1 CO2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 2 HYSULFID | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| 13 MDEA | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-21
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

MATERIAL BALANCE LIST

07/01/19

=====

| STREAM ID | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|------------------|---------------------------------|------------|
| 4 | | | |
| NAME | Gasoil ligero | Gasoil ligero desulfurado | Amina rica |
| PHASE | VAPOR | VAPOR | LIQUID |
| MIXED | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 310.93 | 319.27 | 319.87 |
| 319.83 | | | |
| PRESSURE, KPA | 1758.164 | 1723.690 | 1758.164 |
| 111.006 | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 331.3968 | 320.1249 | 7246.3560 |
| 7246.3560 | | | |
| COMP. MOLE FRACTIONS | | | |
| 1 CO2 | 0.0136 | 3.4171E-12 | 6.2397E-04 |
| 6.2397E-04 | | | |
| 2 HYSULFID | 0.0170 | 7.7420E-07 | 9.0643E-04 |
| 9.0643E-04 | | | |
| 3 METHANE | 0.8810 | 0.9043 | 3.4024E-04 |
| 3.4024E-04 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0641 | 0.0655 | 3.6092E-05 |
| 3.6092E-05 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0171 | 0.0175 | 7.8224E-06 |
| 7.8224E-06 | | | |
| 6 IBUTANE | 1.8092E-03 | 1.8594E-03 | 5.9533E-07 |
| 5.9533E-07 | | | |
| 7 BUTANE | 2.3889E-03 | 2.4312E-03 | 1.8485E-06 |
| 1.8485E-06 | | | |
| 8 IPENTANE | 6.8969E-04 | 7.0789E-04 | 2.6867E-07 |
| 2.6867E-07 | | | |
| 9 PENTANE | 7.0967E-04 | 7.2904E-04 | 2.4832E-07 |
| 2.4832E-07 | | | |
| 10 HEXANE | 5.3974E-04 | 5.5445E-04 | 1.8964E-07 |
| 1.8964E-07 | | | |
| 11 HEPTANE | 6.0972E-04 | 6.2904E-04 | 9.4691E-08 |
| 9.4691E-08 | | | |
| 12 H2O | 4.5270E-04 | 5.7406E-03 | 0.9721 |
| 0.9721 | | | |
| 13 MDEA | 0.0000 | 1.1105E-07 | 0.0259 |
| 0.0259 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-22
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

MATERIAL BALANCE LIST

07/01/19

=====

| STREAM ID | 5 | 6 | 7 |
|----------------------|------------|------------|------------|
| 8 | | | |
| NAME | Flash Gas | | |
| Gas azufrado | | | |
| PHASE | VAPOR | LIQUID | MIXED |
| VAPOR | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 319.83 | 319.83 | 349.24 |
| 322.04 | | | |
| PRESSURE, KPA | 111.006 | 111.006 | 111.006 |
| 93.079 | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 2.9113 | 7243.4447 | 7243.4447 |
| 11.7953 | | | |
| COMP. MOLE FRACTIONS | | | |
| 1 CO2 | 2.4078E-03 | 6.2325E-04 | 6.2325E-04 |
| 0.3827 | | | |
| 2 HYSULFID | 1.1031E-03 | 9.0635E-04 | 9.0635E-04 |
| 0.4771 | | | |
| 3 METHANE | 0.7977 | 1.9758E-05 | 1.9758E-05 |
| 0.0121 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0819 | 3.1716E-06 | 3.1716E-06 |
| 1.9477E-03 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0180 | 5.9873E-07 | 5.9873E-07 |
| 3.6768E-04 | | | |
| 6 IBUTANE | 1.3949E-03 | 3.4924E-08 | 3.4924E-08 |
| 2.1447E-05 | | | |
| 7 BUTANE | 3.9623E-03 | 2.5674E-07 | 2.5674E-07 |
| 1.5767E-04 | | | |
| 8 IPENTANE | 6.1987E-04 | 1.9641E-08 | 1.9641E-08 |
| 1.2061E-05 | | | |
| 9 PENTANE | 5.7688E-04 | 1.6558E-08 | 1.6558E-08 |
| 1.0168E-05 | | | |
| 10 HEXANE | 4.3860E-04 | 1.3437E-08 | 1.3437E-08 |
| 8.2514E-06 | | | |
| 11 HEPTANE | 2.2764E-04 | 3.2350E-09 | 3.2350E-09 |
| 1.9866E-06 | | | |
| 12 H2O | 0.0916 | 0.9725 | 0.9725 |
| 0.1255 | | | |
| 13 MDEA | 1.7072E-06 | 0.0260 | 0.0260 |
| 2.1301E-19 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-23
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

MATERIAL BALANCE LIST

07/01/19

=====

| STREAM ID | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|------------|------------|------------|
| 12 | | | |
| NAME | Amina | | MDEA |
| | recuperada | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 378.90 | 349.82 | 305.37 |
| 349.82 | | | |
| PRESSURE, KPA | 120.658 | 120.658 | 106.869 |
| 101.353 | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7231.6494 | 7231.6494 | 4.0519E-05 |
| 7231.6494 | | | |
| COMP. MOLE FRACTIONS | | | |
| 1 CO2 | 5.6242E-10 | 5.6242E-10 | 0.0000 |
| 5.6242E-10 | | | |
| 2 HYSULFID | 1.2962E-04 | 1.2962E-04 | 0.0000 |
| 1.2962E-04 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 0.9739 | 0.9739 | 0.0000 |
| 0.9739 | | | |
| 13 MDEA | 0.0260 | 0.0260 | 1.0000 |
| 0.0260 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-24
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

MATERIAL BALANCE LIST

07/01/19

=====

| STREAM ID | 13 | 14 | 15 |
|----------------------|------------|---------|------------|
| 16 | | | |
| NAME | | Agua | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 338.71 | 366.48 | 338.72 |
| 339.34 | | | |
| PRESSURE, KPA | 101.353 | 101.353 | 101.353 |
| 1792.638 | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7231.6494 | 3.4346 | 7235.0841 |
| 7235.0841 | | | |
| COMP. MOLE FRACTIONS | | | |
| 1 CO2 | 5.6242E-10 | 0.0000 | 5.6215E-10 |
| 5.6215E-10 | | | |
| 2 HYSULFID | 1.2962E-04 | 0.0000 | 1.2956E-04 |
| 1.2956E-04 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 0.9739 | 1.0000 | 0.9739 |
| 0.9739 | | | |
| 13 MDEA | 0.0260 | 0.0000 | 0.0260 |
| 0.0260 | | | |

SIMSCI
PAGE P-25

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

MATERIAL BALANCE LIST

07/01/19

=====
=====

| | |
|----------------------|-------------|
| STREAM ID | 17 |
| NAME | Amina pobre |
| PHASE | LIQUID |
| THERMO ID | AMINE |
| TEMPERATURE, K | 319.26 |
| PRESSURE, KPA | 1792.638 |
| RATE, KG-MOL/HR | 7235.0841 |
| COMP. MOLE FRACTIONS | |
| 1 CO2 | 5.6215E-10 |
| 2 HYSULFID | 1.2956E-04 |
| 3 METHANE | 0.0000 |
| 4 ETHANE | 0.0000 |
| 5 PROPANE | 0.0000 |
| 6 IBUTANE | 0.0000 |
| 7 BUTANE | 0.0000 |
| 8 IPENTANE | 0.0000 |
| 9 PENTANE | 0.0000 |
| 10 HEXANE | 0.0000 |
| 11 HEPTANE | 0.0000 |
| 12 H2O | 0.9739 |
| 13 MDEA | 0.0260 |

SIMSCI
 PAGE P-26
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

COMPONENT WEIGHT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | A1 | A2 | S1 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| S2 | | | |
| NAME | | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 294.26 | 309.26 | 300.00 |
| 312.40 | | | |
| PRESSURE, KPA | 102.042 | 102.042 | 300.000 |
| 300.000 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 16.6695 | 28.4488 | 14.2241 |
| 20.7591 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | 18.0153 | 18.0153 |
| 18.0153 | | | |
| *** VAPOR PHASE *** | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| *** LIQUID PHASE *** | | | |
| WT FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| *** TOTAL STREAM *** | | | |
| RATE, KG/HR | 187775.5504 | 187775.5504 | 126106.9584 |
| 126106.9584 | | | |
| COMP. WT. RATES, KG/HR | | | |
| 1 CO2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 2 HYSULFID | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 187775.5504 | 187775.5504 | 126106.9584 |
| 126106.9584 | | | |
| 13 MDEA | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-27
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

COMPONENT WEIGHT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 1 | 2 | 3 |
|------------------------|---------------|---------------------------|-------------|
| 4 | | | |
| NAME | Gasoil ligero | Gasoil ligero desulfurado | Amina rica |
| PHASE | VAPOR | VAPOR | LIQUID |
| MIXED | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 310.93 | 319.27 | 319.87 |
| 319.83 | | | |
| PRESSURE, KPA | 1758.164 | 1723.690 | 1758.164 |
| 111.006 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 1.7757 | 1.7921 | 26.8569 |
| 26.8569 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.4546 | 17.8177 | 20.6702 |
| 20.6702 | | | |
| *** VAPOR PHASE *** | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| 3.5583E-04 | | | |
| *** LIQUID PHASE *** | | | |
| WT FRAC LIQUID | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 0.9996 | | | |
| *** TOTAL STREAM *** | | | |
| RATE, KG/HR | 6115.7883 | 5703.8917 | 149783.3545 |
| 149783.3545 | | | |
| COMP. WT. RATES, KG/HR | | | |
| 1 CO2 | 198.9894 | 4.8143E-08 | 198.9896 |
| 198.9896 | | | |
| 2 HYSULFID | 191.9200 | 8.4469E-03 | 223.8598 |
| 223.8598 | | | |
| 3 METHANE | 4683.8123 | 4644.2587 | 39.5536 |
| 39.5536 | | | |
| 4 ETHANE | 638.4602 | 630.5958 | 7.8644 |
| 7.8644 | | | |
| 5 PROPANE | 249.9205 | 247.4209 | 2.4996 |
| 2.4996 | | | |
| 6 IBUTANE | 34.8478 | 34.5970 | 0.2507 |
| 0.2507 | | | |
| 7 BUTANE | 46.0148 | 45.2362 | 0.7786 |
| 0.7786 | | | |
| 8 IPENTANE | 16.4907 | 16.3503 | 0.1405 |
| 0.1405 | | | |

| | | | |
|-------------|---------|------------|-------------|
| 9 PENTANE | 16.9685 | 16.8387 | 0.1298 |
| 0.1298 | | | |
| 10 HEXANE | 15.4143 | 15.2959 | 0.1184 |
| 0.1184 | | | |
| 11 HEPTANE | 20.2471 | 20.1784 | 0.0688 |
| 0.0688 | | | |
| 12 H2O | 2.7027 | 33.1071 | 126908.1786 |
| 126908.1786 | | | |
| 13 MDEA | 0.0000 | 4.2362E-03 | 22400.9222 |
| 22400.9222 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-28
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

COMPONENT WEIGHT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 5 | 6 | 7 |
|------------------------|-----------|-------------|-------------|
| 8 | | | |
| NAME | Flash Gas | | |
| Gas azufrado | | | |
| PHASE | VAPOR | LIQUID | MIXED |
| VAPOR | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 319.83 | 319.83 | 349.24 |
| 322.04 | | | |
| PRESSURE, KPA | 111.006 | 111.006 | 111.006 |
| 93.079 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 0.0283 | 26.8286 | 44.0808 |
| 0.2381 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.3073 | 20.6711 | 20.6711 |
| 35.6481 | | | |
| *** VAPOR PHASE *** | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 1.0000 | 0.0000 | 1.0946E-05 |
| 1.0000 | | | |
| *** LIQUID PHASE *** | | | |
| WT FRAC LIQUID | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0.0000 | | | |
| *** TOTAL STREAM *** | | | |
| RATE, KG/HR | 53.2975 | 149730.0570 | 149730.0570 |
| 420.4801 | | | |
| COMP. WT. RATES, KG/HR | | | |
| 1 CO2 | 0.3085 | 198.6811 | 198.6811 |
| 198.6809 | | | |
| 2 HYSULFID | 0.1094 | 223.7504 | 223.7504 |
| 191.8025 | | | |
| 3 METHANE | 37.2577 | 2.2959 | 2.2959 |
| 2.2959 | | | |
| 4 ETHANE | 7.1736 | 0.6908 | 0.6908 |
| 0.6908 | | | |
| 5 PROPANE | 2.3083 | 0.1912 | 0.1912 |
| 0.1912 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.2360 | 0.0147 | 0.0147 |
| 0.0147 | | | |
| 7 BUTANE | 0.6705 | 0.1081 | 0.1081 |
| 0.1081 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.1302 | 0.0103 | 0.0103 |
| 0.0103 | | | |

| | | | |
|------------|------------|-------------|-------------|
| 9 PENTANE | 0.1212 | 8.6533E-03 | 8.6533E-03 |
| 8.6533E-03 | | | |
| 10 HEXANE | 0.1100 | 8.3874E-03 | 8.3874E-03 |
| 8.3874E-03 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0664 | 2.3480E-03 | 2.3480E-03 |
| 2.3480E-03 | | | |
| 12 H2O | 4.8050 | 126903.3736 | 126903.3736 |
| 26.6663 | | | |
| 13 MDEA | 5.9224E-04 | 22400.9216 | 22400.9216 |
| 2.9939E-16 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-29
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

COMPONENT WEIGHT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 9 | 10 | 11 |
|------------------------|-------------|-------------|------------|
| 12 | | | |
| NAME | Amina | | MDEA |
| PHASE | recuperada | | |
| LIQUID | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 378.90 | 349.82 | 305.37 |
| 349.82 | | | |
| PRESSURE, KPA | 120.658 | 120.658 | 106.869 |
| 101.353 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 62.0474 | 44.7953 | 3.4267E-07 |
| 44.7953 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.6467 | 20.6467 | 119.1637 |
| 20.6467 | | | |
| *** VAPOR PHASE *** | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| *** LIQUID PHASE *** | | | |
| WT FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| *** TOTAL STREAM *** | | | |
| RATE, KG/HR | 149309.5769 | 149309.5769 | 4.8284E-03 |
| 149309.5818 | | | |
| COMP. WT. RATES, KG/HR | | | |
| 1 CO2 | 1.7900E-04 | 1.7900E-04 | 0.0000 |
| 1.7900E-04 | | | |
| 2 HYSULFID | 31.9479 | 31.9479 | 0.0000 |
| 31.9479 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|------------|
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 126876.7073 | 126876.7073 | 0.0000 |
| 126876.7073 | | | |
| 13 MDEA | 22400.9216 | 22400.9216 | 4.8284E-03 |
| 22400.9264 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-30
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

COMPONENT WEIGHT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 13 | 14 | 15 |
|------------------------|-------------|---------|-------------|
| 16 | | | |
| NAME | | Agua | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| TEMPERATURE, K | 338.71 | 366.48 | 338.72 |
| 339.34 | | | |
| PRESSURE, KPA | 101.353 | 101.353 | 101.353 |
| 1792.638 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 38.2602 | 0.0242 | 38.2844 |
| 38.6526 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.6467 | 18.0153 | 20.6454 |
| 20.6454 | | | |
| *** VAPOR PHASE *** | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| *** LIQUID PHASE *** | | | |
| WT FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| *** TOTAL STREAM *** | | | |
| RATE, KG/HR | 149309.5818 | 61.8757 | 149371.4575 |
| 149371.4575 | | | |
| COMP. WT. RATES, KG/HR | | | |
| 1 CO2 | 1.7900E-04 | 0.0000 | 1.7900E-04 |
| 1.7900E-04 | | | |
| 2 HYSULFID | 31.9479 | 0.0000 | 31.9479 |
| 31.9479 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |

| | | | |
|-------------|-------------|---------|-------------|
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 126876.7073 | 61.8757 | 126938.5830 |
| 126938.5830 | | | |
| 13 MDEA | 22400.9264 | 0.0000 | 22400.9264 |
| 22400.9264 | | | |

SIMSCI
PAGE P-31

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

COMPONENT WEIGHT RATES

07/01/19

=====
=====

STREAM ID 17
NAME Amina pobre
PHASE LIQUID
THERMO ID AMINE

TEMPERATURE, K 319.26
PRESSURE, KPA 1792.638
ENTHALPY, M*KJ/HR 26.8733
MOLECULAR WEIGHT 20.6454

*** VAPOR PHASE ***
WEIGHT FRAC VAPOR 0.0000

*** LIQUID PHASE ***
WT FRAC LIQUID 1.0000

*** TOTAL STREAM ***
RATE, KG/HR 149371.4575

COMP. WT. RATES, KG/HR
1 CO2 1.7900E-04
2 HYSULFID 31.9479
3 METHANE 0.0000
4 ETHANE 0.0000
5 PROPANE 0.0000
6 IBUTANE 0.0000
7 BUTANE 0.0000
8 IPENTANE 0.0000
9 PENTANE 0.0000
10 HEXANE 0.0000
11 HEPTANE 0.0000
12 H2O 126938.5830
13 MDEA 22400.9264

SIMSCI
 PAGE P-32
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM MOLAR COMPONENT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | A1 | A2 | S1 |
|------------------------|------------|------------|-----------|
| S2 | | | |
| NAME | | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| FLUID RATES, KG-MOL/HR | | | |
| 1 CO2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 2 HYSULFID | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 3 METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 4 ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 5 PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 7 BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 9 PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 10 HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| 12 H2O | 10423.1271 | 10423.1271 | 7000.0000 |
| 7000.0000 | | | |
| 13 MDEA | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| TOTAL RATE, KG-MOL/HR | 10423.1271 | 10423.1271 | 7000.0000 |
| 7000.0000 | | | |
| TEMPERATURE, K | 294.2611 | 309.2611 | 300.0000 |
| 312.3998 | | | |
| PRESSURE, KPA | 102.0424 | 102.0424 | 300.0000 |
| 300.0000 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 16.6695 | 28.4488 | 14.2241 |
| 20.7591 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | 18.0153 | 18.0153 |
| 18.0153 | | | |

| | | | |
|------------------|--------|--------|--------|
| MOLE FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| MOLE FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-33
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM MOLAR COMPONENT RATES

07/01/19

=====
 =====

| STREAM ID | 1 | 2 | 3 |
|-----------|---------------|---------------------------|------------|
| 4 | | | |
| NAME | Gasoil ligero | Gasoil ligero desulfurado | Amina rica |
| PHASE | VAPOR | VAPOR | LIQUID |
| MIXED | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID RATES, KG-MOL/HR | 1 | 2 | 3 |
|------------------------|----------|------------|------------|
| 1 CO2 | 4.5215 | 1.0939E-09 | 4.5215 |
| 4.5215 | | | |
| 2 HYSULFID | 5.6311 | 2.4784E-04 | 6.5683 |
| 6.5683 | | | |
| 3 METHANE | 291.9580 | 289.4925 | 2.4655 |
| 2.4655 | | | |
| 4 ETHANE | 21.2327 | 20.9712 | 0.2615 |
| 0.2615 | | | |
| 5 PROPANE | 5.6676 | 5.6109 | 0.0567 |
| 0.0567 | | | |
| 6 IBUTANE | 0.5995 | 0.5952 | 4.3140E-03 |
| 4.3140E-03 | | | |
| 7 BUTANE | 0.7917 | 0.7783 | 0.0134 |
| 0.0134 | | | |
| 8 IPENTANE | 0.2286 | 0.2266 | 1.9469E-03 |
| 1.9469E-03 | | | |
| 9 PENTANE | 0.2352 | 0.2334 | 1.7994E-03 |
| 1.7994E-03 | | | |
| 10 HEXANE | 0.1789 | 0.1775 | 1.3742E-03 |
| 1.3742E-03 | | | |
| 11 HEPTANE | 0.2021 | 0.2014 | 6.8617E-04 |
| 6.8617E-04 | | | |
| 12 H2O | 0.1500 | 1.8377 | 7044.4745 |
| 7044.4745 | | | |
| 13 MDEA | 0.0000 | 3.5549E-05 | 187.9845 |
| 187.9845 | | | |

| TOTAL RATE, KG-MOL/HR | 331.3968 | 320.1249 | 7246.3560 |
|-----------------------|----------|----------|-----------|
| 7246.3560 | | | |

| TEMPERATURE, K | 310.9278 | 319.2737 | 319.8669 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| 319.8327 | | | |
| PRESSURE, KPA | 1758.1638 | 1723.6900 | 1758.1638 |
| 111.0056 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 1.7757 | 1.7921 | 26.8569 |
| 26.8569 | | | |

| | | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| MOLECULAR WEIGHT | 18.4546 | 17.8177 | 20.6702 |
| 20.6702 | | | |
| MOLE FRAC VAPOR | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| 4.0176E-04 | | | |
| MOLE FRAC LIQUID | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 0.9996 | | | |

SIMSCI
PAGE P-34
PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

R
PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

STREAM MOLAR COMPONENT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 5 | 6 | 7 |
|--------------|-----------|--------|-------|
| 8 | | | |
| NAME | Flash Gas | | |
| Gas azufrado | | | |
| PHASE | VAPOR | LIQUID | MIXED |
| VAPOR | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID RATES, KG-MOL/HR | | | | |
|------------------------|----------|------------|------------|------------|
| 1 | CO2 | 7.0098E-03 | 4.5145 | 4.5145 |
| 4.5145 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 3.2113E-03 | 6.5651 | 6.5651 |
| 5.6277 | | | | |
| 3 | METHANE | 2.3224 | 0.1431 | 0.1431 |
| 0.1431 | | | | |
| 4 | ETHANE | 0.2386 | 0.0230 | 0.0230 |
| 0.0230 | | | | |
| 5 | PROPANE | 0.0523 | 4.3369E-03 | 4.3369E-03 |
| 4.3369E-03 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 4.0610E-03 | 2.5297E-04 | 2.5297E-04 |
| 2.5297E-04 | | | | |
| 7 | BUTANE | 0.0115 | 1.8597E-03 | 1.8597E-03 |
| 1.8597E-03 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 1.8046E-03 | 1.4227E-04 | 1.4227E-04 |
| 1.4227E-04 | | | | |
| 9 | PENTANE | 1.6795E-03 | 1.1993E-04 | 1.1993E-04 |
| 1.1993E-04 | | | | |
| 10 | HEXANE | 1.2769E-03 | 9.7328E-05 | 9.7328E-05 |
| 9.7328E-05 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 6.6274E-04 | 2.3432E-05 | 2.3432E-05 |
| 2.3432E-05 | | | | |
| 12 | H2O | 0.2667 | 7044.2078 | 7044.2078 |
| 1.4802 | | | | |
| 13 | MDEA | 4.9700E-06 | 187.9844 | 187.9844 |
| 2.5125E-18 | | | | |
| TOTAL RATE, KG-MOL/HR | | 2.9113 | 7243.4447 | 7243.4447 |
| 11.7953 | | | | |
| TEMPERATURE, K | | 319.8327 | 319.8327 | 349.2368 |
| 322.0389 | | | | |
| PRESSURE, KPA | | 111.0056 | 111.0056 | 111.0056 |
| 93.0793 | | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | | 0.0283 | 26.8286 | 44.0808 |
| 0.2381 | | | | |

| | | | |
|------------------|---------|---------|------------|
| MOLECULAR WEIGHT | 18.3073 | 20.6711 | 20.6711 |
| 35.6481 | | | |
| MOLE FRAC VAPOR | 1.0000 | 0.0000 | 1.1825E-05 |
| 1.0000 | | | |
| MOLE FRAC LIQUID | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-35
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM MOLAR COMPONENT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 9 | 10 | 11 |
|-----------|------------|--------|--------|
| 12 | | | |
| NAME | Amina | | MDEA |
| | recuperada | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID RATES, KG-MOL/HR | | | | |
|------------------------|----------|------------|------------|------------|
| 1 | CO2 | 4.0672E-06 | 4.0672E-06 | 0.0000 |
| 4.0672E-06 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 0.9374 | 0.9374 | 0.0000 |
| 0.9374 | | | | |
| 3 | METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 4 | ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 5 | PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 7 | BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 9 | PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 10 | HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 12 | H2O | 7042.7276 | 7042.7276 | 0.0000 |
| 7042.7276 | | | | |
| 13 | MDEA | 187.9844 | 187.9844 | 4.0519E-05 |
| 187.9845 | | | | |
| TOTAL RATE, KG-MOL/HR | | 7231.6494 | 7231.6494 | 4.0519E-05 |
| 7231.6494 | | | | |
| TEMPERATURE, K | | 378.8991 | 349.8167 | 305.3722 |
| 349.8167 | | | | |
| PRESSURE, KPA | | 120.6583 | 120.6583 | 106.8688 |
| 101.3530 | | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | | 62.0474 | 44.7953 | 3.4267E-07 |
| 44.7953 | | | | |

| | | | |
|------------------|---------|---------|----------|
| MOLECULAR WEIGHT | 20.6467 | 20.6467 | 119.1637 |
| 20.6467 | | | |
| MOLE FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| MOLE FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |

SIMSCI
PAGE P-36

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

STREAM MOLAR COMPONENT RATES

07/01/19

=====

| STREAM ID | 13 | 14 | 15 |
|-----------|--------|--------|--------|
| 16 | | | |
| NAME | | Agua | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID RATES, KG-MOL/HR | | | |
|------------------------|----------|------------|------------|
| 1 | CO2 | 4.0672E-06 | 4.0672E-06 |
| 2 | HYSULFID | 0.9374 | 0.9374 |
| 3 | METHANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 4 | ETHANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 5 | PROPANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 7 | BUTANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 8 | IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 9 | PENTANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 10 | HEXANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 11 | HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 |
| 12 | H2O | 7042.7276 | 7046.1622 |
| 13 | MDEA | 187.9845 | 187.9845 |
| TOTAL RATE, KG-MOL/HR | | 7231.6494 | 7235.0841 |
| TEMPERATURE, K | | 338.7056 | 338.7178 |
| PRESSURE, KPA | | 101.3530 | 101.3530 |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | | 38.2602 | 38.2844 |
| MOLECULAR WEIGHT | | 20.6467 | 20.6454 |

| | | | |
|------------------|--------|--------|--------|
| MOLE FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| MOLE FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-37
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM MOLAR COMPONENT RATES

07/01/19

=====
 =====

| | |
|-----------|-------------|
| STREAM ID | 17 |
| NAME | Amina pobre |
| PHASE | LIQUID |
| THERMO ID | AMINE |

| | |
|------------------------|------------|
| FLUID RATES, KG-MOL/HR | |
| 1 CO2 | 4.0672E-06 |
| 2 HYSULFID | 0.9374 |
| 3 METHANE | 0.0000 |
| 4 ETHANE | 0.0000 |
| 5 PROPANE | 0.0000 |
| 6 IBUTANE | 0.0000 |
| 7 BUTANE | 0.0000 |
| 8 IPENTANE | 0.0000 |
| 9 PENTANE | 0.0000 |
| 10 HEXANE | 0.0000 |
| 11 HEPTANE | 0.0000 |
| 12 H2O | 7046.1622 |
| 13 MDEA | 187.9845 |

| | |
|-----------------------|-----------|
| TOTAL RATE, KG-MOL/HR | 7235.0841 |
|-----------------------|-----------|

| | |
|-------------------|-----------|
| TEMPERATURE, K | 319.2611 |
| PRESSURE, KPA | 1792.6376 |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 26.8733 |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.6454 |
| MOLE FRAC VAPOR | 0.0000 |
| MOLE FRAC LIQUID | 1.0000 |

SIMSCI
 PAGE P-38
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS

07/01/19

=====

| STREAM ID | A1 | A2 | S1 |
|-----------|--------|--------|--------|
| S2 | | | |
| NAME | | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID WEIGHT PERCENTS | | | | |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | CO2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 3 | METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 4 | ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 5 | PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 7 | BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 9 | PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 10 | HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 12 | H2O | 100.0000 | 100.0000 | 100.0000 |
| 100.0000 | | | | |
| 13 | MDEA | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |

| | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| TOTAL RATE, KG/HR | 187775.5504 | 187775.5504 | 126106.9584 |
| 126106.9584 | | | |

| | | | |
|----------------|----------|----------|----------|
| TEMPERATURE, K | 294.2611 | 309.2611 | 300.0000 |
| 312.3998 | | | |

| | | | |
|---------------|----------|----------|----------|
| PRESSURE, KPA | 102.0424 | 102.0424 | 300.0000 |
| 300.0000 | | | |

| | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 16.6695 | 28.4488 | 14.2241 |
| 20.7591 | | | |

| | | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| MOLECULAR WEIGHT | 18.0153 | 18.0153 | 18.0153 |
| 18.0153 | | | |

| | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| WEIGHT FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-39
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS

07/01/19

=====

| STREAM ID | 1 | 2 | 3 |
|-----------|------------------|---------------------------------|------------|
| 4 | | | |
| NAME | Gasoil ligero | Gasoil ligero desulfurado | Amina rica |
| PHASE | VAPOR | VAPOR | LIQUID |
| MIXED | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID WEIGHT PERCENTS | | | | |
|-----------------------|----------|---------|------------|------------|
| 1 | CO2 | 3.2537 | 8.4403E-10 | 0.1329 |
| 0.1329 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 3.1381 | 1.4809E-04 | 0.1495 |
| 0.1495 | | | | |
| 3 | METHANE | 76.5856 | 81.4226 | 0.0264 |
| 0.0264 | | | | |
| 4 | ETHANE | 10.4395 | 11.0555 | 5.2505E-03 |
| 5.2505E-03 | | | | |
| 5 | PROPANE | 4.0865 | 4.3378 | 1.6688E-03 |
| 1.6688E-03 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 0.5698 | 0.6066 | 1.6740E-04 |
| 1.6740E-04 | | | | |
| 7 | BUTANE | 0.7524 | 0.7931 | 5.1980E-04 |
| 5.1980E-04 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 0.2696 | 0.2867 | 9.3781E-05 |
| 9.3781E-05 | | | | |
| 9 | PENTANE | 0.2775 | 0.2952 | 8.6677E-05 |
| 8.6677E-05 | | | | |
| 10 | HEXANE | 0.2520 | 0.2682 | 7.9065E-05 |
| 7.9065E-05 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 0.3311 | 0.3538 | 4.5904E-05 |
| 4.5904E-05 | | | | |
| 12 | H2O | 0.0442 | 0.5804 | 84.7278 |
| 84.7278 | | | | |
| 13 | MDEA | 0.0000 | 7.4268E-05 | 14.9555 |
| 14.9555 | | | | |

| | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-------------|
| TOTAL RATE, KG/HR | 6115.7883 | 5703.8917 | 149783.3545 |
| 149783.3545 | | | |

| | | | |
|----------------|----------|----------|----------|
| TEMPERATURE, K | 310.9278 | 319.2737 | 319.8669 |
| 319.8327 | | | |

| | | | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| PRESSURE, KPA | 1758.1638 | 1723.6900 | 1758.1638 |
| 111.0056 | | | |

| | | | |
|-------------------|--------|--------|---------|
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 1.7757 | 1.7921 | 26.8569 |
| 26.8569 | | | |

| | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|
| MOLECULAR WEIGHT | 18.4546 | 17.8177 | 20.6702 |
| 20.6702 | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| 3.5583E-04 | | | |
| WEIGHT FRAC LIQUID | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 0.9996 | | | |

SIMSCI
PAGE P-40
PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

R
PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS

07/01/19

=====

| STREAM ID | 5 | 6 | 7 |
|--------------|-----------|--------|-------|
| 8 | | | |
| NAME | Flash Gas | | |
| Gas azufrado | | | |
| PHASE | VAPOR | LIQUID | MIXED |
| VAPOR | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID WEIGHT PERCENTS | | | | |
|-----------------------|----------|------------|-------------|-------------|
| 1 | CO2 | 0.5788 | 0.1327 | 0.1327 |
| 47.2510 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 0.2054 | 0.1494 | 0.1494 |
| 45.6151 | | | | |
| 3 | METHANE | 69.9052 | 1.5334E-03 | 1.5334E-03 |
| 0.5460 | | | | |
| 4 | ETHANE | 13.4595 | 4.6136E-04 | 4.6136E-04 |
| 0.1643 | | | | |
| 5 | PROPANE | 4.3310 | 1.2772E-04 | 1.2772E-04 |
| 0.0455 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 0.4429 | 9.8201E-06 | 9.8201E-06 |
| 3.4969E-03 | | | | |
| 7 | BUTANE | 1.2580 | 7.2192E-05 | 7.2192E-05 |
| 0.0257 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 0.2443 | 6.8553E-06 | 6.8553E-06 |
| 2.4411E-03 | | | | |
| 9 | PENTANE | 0.2274 | 5.7793E-06 | 5.7793E-06 |
| 2.0580E-03 | | | | |
| 10 | HEXANE | 0.2065 | 5.6017E-06 | 5.6017E-06 |
| 1.9947E-03 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 0.1246 | 1.5682E-06 | 1.5682E-06 |
| 5.5841E-04 | | | | |
| 12 | H2O | 9.0155 | 84.7548 | 84.7548 |
| 6.3419 | | | | |
| 13 | MDEA | 1.1112E-03 | 14.9609 | 14.9609 |
| 7.1203E-17 | | | | |
| TOTAL RATE, KG/HR | | 53.2975 | 149730.0570 | 149730.0570 |
| 420.4801 | | | | |
| TEMPERATURE, K | | 319.8327 | 319.8327 | 349.2368 |
| 322.0389 | | | | |
| PRESSURE, KPA | | 111.0056 | 111.0056 | 111.0056 |
| 93.0793 | | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | | 0.0283 | 26.8286 | 44.0808 |
| 0.2381 | | | | |

| | | | |
|--------------------|---------|---------|------------|
| MOLECULAR WEIGHT | 18.3073 | 20.6711 | 20.6711 |
| 35.6481 | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 1.0000 | 0.0000 | 1.0946E-05 |
| 1.0000 | | | |
| WEIGHT FRAC LIQUID | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-41
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS

07/01/19

=====

| STREAM ID | 9 | 10 | 11 |
|-----------|------------|--------|--------|
| 12 | | | |
| NAME | Amina | | MDEA |
| | recuperada | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID WEIGHT PERCENTS | | | | |
|-----------------------|----------|-------------|-------------|------------|
| 1 | CO2 | 1.1988E-07 | 1.1988E-07 | 0.0000 |
| 1.1988E-07 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 0.0214 | 0.0214 | 0.0000 |
| 0.0214 | | | | |
| 3 | METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 4 | ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 5 | PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 7 | BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 9 | PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 10 | HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 12 | H2O | 84.9756 | 84.9756 | 0.0000 |
| 84.9756 | | | | |
| 13 | MDEA | 15.0030 | 15.0030 | 100.0000 |
| 15.0030 | | | | |
| TOTAL RATE, KG/HR | | 149309.5769 | 149309.5769 | 4.8284E-03 |
| 149309.5818 | | | | |
| TEMPERATURE, K | | 378.8991 | 349.8167 | 305.3722 |
| 349.8167 | | | | |
| PRESSURE, KPA | | 120.6583 | 120.6583 | 106.8688 |
| 101.3530 | | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | | 62.0474 | 44.7953 | 3.4267E-07 |
| 44.7953 | | | | |

| | | | |
|--------------------|---------|---------|----------|
| MOLECULAR WEIGHT | 20.6467 | 20.6467 | 119.1637 |
| 20.6467 | | | |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| WEIGHT FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |

SIMSCI
 PAGE P-42
 PROJECT NAN_DESULF
 PROBLEM DESULF
 Nayara

R
 PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
 OUTPUT

STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS

07/01/19

=====

| STREAM ID | 13 | 14 | 15 |
|-----------|--------|--------|--------|
| 16 | | | |
| NAME | | Agua | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| FLUID WEIGHT PERCENTS | | | | |
|-----------------------|----------|-------------|----------|-------------|
| 1 | CO2 | 1.1988E-07 | 0.0000 | 1.1983E-07 |
| 1.1983E-07 | | | | |
| 2 | HYSULFID | 0.0214 | 0.0000 | 0.0214 |
| 0.0214 | | | | |
| 3 | METHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 4 | ETHANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 5 | PROPANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 6 | IBUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 7 | BUTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 8 | IPENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 9 | PENTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 10 | HEXANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 11 | HEPTANE | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | | |
| 12 | H2O | 84.9756 | 100.0000 | 84.9818 |
| 84.9818 | | | | |
| 13 | MDEA | 15.0030 | 0.0000 | 14.9968 |
| 14.9968 | | | | |
| TOTAL RATE, KG/HR | | 149309.5818 | 61.8757 | 149371.4575 |
| 149371.4575 | | | | |
| TEMPERATURE, K | | 338.7056 | 366.4833 | 338.7178 |
| 339.3446 | | | | |
| PRESSURE, KPA | | 101.3530 | 101.3530 | 101.3530 |
| 1792.6376 | | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | | 38.2602 | 0.0242 | 38.2844 |
| 38.6526 | | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | | 20.6467 | 18.0153 | 20.6454 |
| 20.6454 | | | | |

| | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | | | |
| WEIGHT FRAC LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |

SIMSCI
PAGE P-43
PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

R
PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

07/01/19

STREAM WEIGHT COMPONENT PERCENTS

=====
=====

| | |
|-----------|-------------|
| STREAM ID | 17 |
| NAME | Amina pobre |
| PHASE | LIQUID |
| THERMO ID | AMINE |

| FLUID WEIGHT PERCENTS | | |
|-----------------------|----------|------------|
| 1 | CO2 | 1.1983E-07 |
| 2 | HYSULFID | 0.0214 |
| 3 | METHANE | 0.0000 |
| 4 | ETHANE | 0.0000 |
| 5 | PROPANE | 0.0000 |
| 6 | IBUTANE | 0.0000 |
| 7 | BUTANE | 0.0000 |
| 8 | IPENTANE | 0.0000 |
| 9 | PENTANE | 0.0000 |
| 10 | HEXANE | 0.0000 |
| 11 | HEPTANE | 0.0000 |
| 12 | H2O | 84.9818 |
| 13 | MDEA | 14.9968 |

| | |
|-------------------|-------------|
| TOTAL RATE, KG/HR | 149371.4575 |
|-------------------|-------------|

| | |
|--------------------|-----------|
| TEMPERATURE, K | 319.2611 |
| PRESSURE, KPA | 1792.6376 |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 26.8733 |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.6454 |
| WEIGHT FRAC VAPOR | 0.0000 |
| WEIGHT FRAC LIQUID | 1.0000 |

SIMSCI
PAGE P-44

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | A1 | A2 | S1 |
|--------------------------|------------|------------|----------|
| S2 | | | |
| NAME | | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- TOTAL STREAM ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 10423.127 | 10423.127 | 7000.000 |
| 7000.000 | | | |
| K*KG/HR | 187.776 | 187.776 | 126.107 |
| 126.107 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 187.961 | 187.961 | 126.231 |
| 126.231 | | | |
| TEMPERATURE, K | 294.261 | 309.261 | 300.000 |
| 312.400 | | | |
| PRESSURE, KPA | 102.042 | 102.042 | 300.000 |
| 300.000 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.015 | 18.015 | 18.015 |
| 18.015 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 16.670 | 28.449 | 14.224 |
| 20.759 | | | |
| KJ/KG | 88.774 | 151.504 | 112.794 |
| 164.615 | | | |
| MOLE FRACTION LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| REDUCED TEMP (KAYS RULE) | 0.4547 | 0.4779 | 0.4636 |
| 0.4827 | | | |
| PRES (KAYS RULE) | 4.6267E-03 | 4.6267E-03 | 0.0136 |
| 0.0136 | | | |
| ACENTRIC FACTOR | 0.3449 | 0.3449 | 0.3449 |
| 0.3449 | | | |
| WATSON K (UOPK) | 8.758 | 8.758 | 8.758 |
| 8.758 | | | |
| STD LIQ DENSITY, KG/M3 | 999.014 | 999.014 | 999.014 |
| 999.014 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| API GRAVITY | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| 10.000 | | | |
| ----- VAPOR ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| K*KG/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |

| | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| ACTUAL K*M3/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| STD VAP RATE(1), K*M3/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0) | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| CP, KJ/KG-K | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/K*M3 | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| TH COND, W/M-K | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| VISCOSITY, PAS | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |

(1) STANDARD VAPOR VOLUME IS 23.69 M3/KG-MOLE (288.71 K AND 1 ATM)

SIMSCI
PAGE P-45

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | A1 | A2 | S1 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| S2 | | | |
| NAME | | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- LIQUID ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 10423.127 | 10423.127 | 7000.000 |
| 7000.000 | | | |
| K*KG/HR | 187.776 | 187.776 | 126.107 |
| 126.107 | | | |
| ACTUAL M3/HR | 188.490 | 189.493 | 126.829 |
| 127.417 | | | |
| ACTUAL GAL/MIN | 829.896 | 834.311 | 558.413 |
| 561.002 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 187.961 | 187.961 | 126.231 |
| 126.231 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0) | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.015 | 18.015 | 18.015 |
| 18.015 | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | 88.774 | 151.504 | 112.794 |
| 164.615 | | | |
| CP, KJ/KG-K | 4.188 | 4.178 | 4.183 |
| 4.177 | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/M3 | 996.210 | 990.938 | 994.305 |
| 989.715 | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | 7.5423E-04 | 7.2146E-04 | 2.1791E-03 |
| 2.1024E-03 | | | |
| SURFACE TENSION, N/M | 0.0736 | 0.0706 | 0.0724 |
| 0.0700 | | | |
| THERMAL COND, W/M-K | 0.60074 | 0.62112 | 0.60888 |
| 0.62502 | | | |
| VISCOSITY, PAS | 9.95666E-04 | 7.23728E-04 | 8.76455E-04 |
| 6.80808E-04 | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | 0.9995 | 0.7303 | 0.8815 |
| 0.6879 | | | |

SIMSCI
PAGE P-46

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------|---------------|---------------------------|------------|
| 4 | | | |
| NAME | Gasoil ligero | Gasoil ligero desulfurado | Amina rica |
| PHASE | VAPOR | VAPOR | LIQUID |
| MIXED | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- TOTAL STREAM ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 331.397 | 320.125 | 7246.356 |
| 7246.356 | | | |
| K*KG/HR | 6.116 | 5.704 | 149.783 |
| 149.783 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 18.653 | 18.038 | 149.215 |
| 149.215 | | | |
| TEMPERATURE, K | 310.928 | 319.274 | 319.867 |
| 319.833 | | | |
| PRESSURE, KPA | 1758.164 | 1723.690 | 1758.164 |
| 111.006 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.455 | 17.818 | 20.670 |
| 20.670 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 1.776 | 1.792 | 26.857 |
| 26.857 | | | |
| KJ/KG | 290.349 | 314.189 | 179.305 |
| 179.305 | | | |
| MOLE FRACTION LIQUID | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 0.9996 | | | |
| REDUCED TEMP (KAYS RULE) | 1.4979 | 1.5528 | 0.4942 |
| 0.4942 | | | |
| PRES (KAYS RULE) | 0.3722 | 0.3665 | 0.0816 |
| 5.1497E-03 | | | |
| ACENTRIC FACTOR | 0.0255 | 0.0232 | 0.3657 |
| 0.3657 | | | |
| WATSON K (UOPK) | 18.485 | 19.088 | 8.852 |
| 8.852 | | | |
| STD LIQ DENSITY, KG/M3 | 327.870 | 316.207 | 1003.806 |
| 1003.806 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY | 0.3282 | 0.3165 | 1.0048 |
| 1.0048 | | | |
| API GRAVITY | 299.647 | 315.550 | 9.325 |
| 9.325 | | | |
| ----- VAPOR ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 331.397 | 320.125 | N/A |
| 2.911 | | | |

| | | | |
|----------------------------|-------------|-------------|-----|
| K*KG/HR | 6.116 | 5.704 | N/A |
| 5.330E-02 | | | |
| ACTUAL K*M3/HR | 0.471 | 0.480 | N/A |
| 6.958E-02 | | | |
| STD VAP RATE(1), K*M3/HR | 7.851 | 7.584 | N/A |
| 6.897E-02 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0) | 0.637 | 0.615 | N/A |
| 0.632 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.455 | 17.818 | N/A |
| 18.307 | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | 290.349 | 314.189 | N/A |
| 531.206 | | | |
| CP, KJ/KG-K | 2.201 | 2.294 | N/A |
| 2.143 | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/K*M3 | 12971.335 | 11895.397 | N/A |
| 765.945 | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | 0.9676 | 0.9726 | N/A |
| 0.9977 | | | |
| TH COND, W/M-K | 0.03366 | 0.03549 | N/A |
| 0.03376 | | | |
| VISCOSITY, PAS | 1.14268E-05 | 1.15458E-05 | N/A |
| 1.14287E-05 | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | 0.8809 | 0.9706 | N/A |
| 14.9210 | | | |

(1) STANDARD VAPOR VOLUME IS 23.69 M3/KG-MOLE (288.71 K AND 1 ATM)

SIMSCI
PAGE P-47

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|------------------|---------------------------------|-------------|
| 4 | | | |
| NAME | Gasoil ligero | Gasoil ligero desulfurado | Amina rica |
| PHASE | VAPOR | VAPOR | LIQUID |
| MIXED | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- LIQUID ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | N/A | N/A | 7246.356 |
| 7243.445 | | | |
| K*KG/HR | N/A | N/A | 149.783 |
| 149.730 | | | |
| ACTUAL M3/HR | N/A | N/A | 151.759 |
| 151.478 | | | |
| ACTUAL GAL/MIN | N/A | N/A | 668.174 |
| 666.937 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | N/A | N/A | 149.215 |
| 149.059 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0) | N/A | N/A | 1.0048 |
| 1.0055 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | N/A | N/A | 20.670 |
| 20.671 | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | N/A | N/A | 179.305 |
| 179.180 | | | |
| CP, KJ/KG-K | N/A | N/A | 3.920 |
| 3.920 | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/M3 | N/A | N/A | 986.984 |
| 988.463 | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | N/A | N/A | 0.0138 |
| 8.7295E-04 | | | |
| SURFACE TENSION, N/M | N/A | N/A | 0.0676 |
| 0.0676 | | | |
| THERMAL COND, W/M-K | N/A | N/A | 0.38781 |
| 0.38901 | | | |
| VISCOSITY, PAS | N/A | N/A | 7.27307E-04 |
| 7.28489E-04 | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | N/A | N/A | 0.7369 |
| 0.7370 | | | |

SIMSCI
PAGE P-48

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------|-----------|------------|------------|
| 8 | | | |
| NAME | Flash Gas | | |
| Gas azufrado | | | |
| PHASE | VAPOR | LIQUID | MIXED |
| VAPOR | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- TOTAL STREAM ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 2.911 | 7243.445 | 7243.445 |
| 11.795 | | | |
| K*KG/HR | 5.330E-02 | 149.730 | 149.730 |
| 0.420 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 0.157 | 149.059 | 149.059 |
| 0.520 | | | |
| TEMPERATURE, K | 319.833 | 319.833 | 349.237 |
| 322.039 | | | |
| PRESSURE, KPA | 111.006 | 111.006 | 111.006 |
| 93.079 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.307 | 20.671 | 20.671 |
| 35.648 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 2.831E-02 | 26.829 | 44.081 |
| 0.238 | | | |
| KJ/KG | 531.206 | 179.180 | 294.401 |
| 566.258 | | | |
| MOLE FRACTION LIQUID | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 0.0000 | | | |
| REDUCED TEMP (KAYS RULE) | 1.2934 | 0.4940 | 0.5395 |
| 0.8497 | | | |
| PRES (KAYS RULE) | 0.0179 | 5.1482E-03 | 5.1482E-03 |
| 9.3666E-03 | | | |
| ACENTRIC FACTOR | 0.0539 | 0.3658 | 0.3658 |
| 0.1742 | | | |
| WATSON K (UOPK) | 18.103 | 8.849 | 8.849 |
| 8.916 | | | |
| STD LIQ DENSITY, KG/M3 | 340.262 | 1004.503 | 1004.503 |
| 808.761 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY | 0.3406 | 1.0055 | 1.0055 |
| 0.8096 | | | |
| API GRAVITY | 283.946 | 9.227 | 9.227 |
| 43.287 | | | |
| ----- VAPOR ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 2.911 | N/A | 8.565E-02 |
| 11.795 | | | |

| | | | |
|----------------------------|-------------|-----|-------------|
| K*KG/HR | 5.330E-02 | N/A | 1.639E-03 |
| 0.420 | | | |
| ACTUAL K*M3/HR | 6.958E-02 | N/A | 2.232E-03 |
| 0.338 | | | |
| STD VAP RATE(1), K*M3/HR | 6.897E-02 | N/A | 2.029E-03 |
| 0.279 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0) | 0.632 | N/A | 0.661 |
| 1.231 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 18.307 | N/A | 19.134 |
| 35.648 | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | 531.206 | N/A | 1149.828 |
| 566.258 | | | |
| CP, KJ/KG-K | 2.143 | N/A | 2.070 |
| 1.015 | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/K*M3 | 765.945 | N/A | 734.304 |
| 1245.290 | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | 0.9977 | N/A | 0.9961 |
| 0.9951 | | | |
| TH COND, W/M-K | 0.03376 | N/A | 0.03259 |
| 0.01765 | | | |
| VISCOSITY, PAS | 1.14287E-05 | N/A | 1.21758E-05 |
| 1.43495E-05 | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | 14.9210 | N/A | 16.5814 |
| 11.5230 | | | |

(1) STANDARD VAPOR VOLUME IS 23.69 M3/KG-MOLE (288.71 K AND 1 ATM)

SIMSCI
PAGE P-49

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 5 | 6 | 7 |
|--------------|-----------|--------|-------|
| 8 | | | |
| NAME | Flash Gas | | |
| Gas azufrado | | | |
| PHASE | VAPOR | LIQUID | MIXED |
| VAPOR | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| LIQUID | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------|-----|-------------|-------------|
| ----- LIQUID ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | N/A | 7243.445 | 7243.359 |
| N/A | | | |
| K*KG/HR | N/A | 149.730 | 149.728 |
| N/A | | | |
| ACTUAL M3/HR | N/A | 151.478 | 154.061 |
| N/A | | | |
| ACTUAL GAL/MIN | N/A | 666.937 | 678.311 |
| N/A | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | N/A | 149.059 | 149.055 |
| N/A | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0) | N/A | 1.0055 | 1.0055 |
| N/A | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | N/A | 20.671 | 20.671 |
| N/A | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | N/A | 179.180 | 294.392 |
| N/A | | | |
| CP, KJ/KG-K | N/A | 3.920 | 3.944 |
| N/A | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/M3 | N/A | 988.463 | 971.877 |
| N/A | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | N/A | 8.7295E-04 | 8.1310E-04 |
| N/A | | | |
| SURFACE TENSION, N/M | N/A | 0.0676 | 0.0620 |
| N/A | | | |
| THERMAL COND, W/M-K | N/A | 0.38901 | 0.38151 |
| N/A | | | |
| VISCOSITY, PAS | N/A | 7.28489E-04 | 4.34914E-04 |
| N/A | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | N/A | 0.7370 | 0.4475 |
| N/A | | | |

SIMSCI
PAGE P-50

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF
Nayara

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 9 | 10 | 11 |
|--------------------------|------------|------------|-----------|
| 12 | | | |
| NAME | Amina | | MDEA |
| | recuperada | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- TOTAL STREAM ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7231.649 | 7231.649 | 4.052E-05 |
| 7231.649 | | | |
| K*KG/HR | 149.310 | 149.310 | 4.828E-06 |
| 149.310 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 148.539 | 148.539 | 4.634E-06 |
| 148.539 | | | |
| TEMPERATURE, K | 378.899 | 349.817 | 305.372 |
| 349.817 | | | |
| PRESSURE, KPA | 120.658 | 120.658 | 106.869 |
| 101.353 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.647 | 20.647 | 119.164 |
| 20.647 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 62.047 | 44.795 | 3.427E-07 |
| 44.795 | | | |
| KJ/KG | 415.562 | 300.016 | 70.969 |
| 300.016 | | | |
| MOLE FRACTION LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| REDUCED TEMP (KAYS RULE) | 0.5849 | 0.5400 | 0.4524 |
| 0.5400 | | | |
| PRES (KAYS RULE) | 5.5910E-03 | 5.5910E-03 | 0.0275 |
| 4.6964E-03 | | | |
| ACENTRIC FACTOR | 0.3661 | 0.3661 | 1.1649 |
| 0.3661 | | | |
| WATSON K (UOPK) | 8.849 | 8.849 | 9.366 |
| 8.849 | | | |
| STD LIQ DENSITY, KG/M3 | 1005.188 | 1005.188 | 1042.045 |
| 1005.188 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY | 1.0062 | 1.0062 | 1.0431 |
| 1.0062 | | | |
| API GRAVITY | 9.131 | 9.131 | 4.157 |
| 9.131 | | | |
| ----- VAPOR ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |

| | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| K*KG/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ACTUAL K*M3/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| STD VAP RATE(1), K*M3/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0) | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| CP, KJ/KG-K | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/K*M3 | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| TH COND, W/M-K | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| VISCOSITY, PAS | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |

(1) STANDARD VAPOR VOLUME IS 23.69 M3/KG-MOLE (288.71 K AND 1 ATM)

SIMSCI
PAGE P-51

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 9 | 10 | 11 |
|-----------|------------|--------|--------|
| 12 | | | |
| NAME | Amina | | MDEA |
| | recuperada | | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |

| LIQUID | 9 | 10 | 11 |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|
| RATE, KG-MOL/HR | 7231.649 | 7231.649 | 4.052E-05 |
| 7231.649 | | | |
| K*KG/HR | 149.310 | 149.310 | 4.828E-06 |
| 149.310 | | | |
| ACTUAL M3/HR | 156.552 | 153.341 | 4.702E-06 |
| 153.341 | | | |
| ACTUAL GAL/MIN | 689.280 | 675.141 | 2.070E-05 |
| 675.141 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 148.539 | 148.539 | 4.634E-06 |
| 148.539 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0) | 1.0062 | 1.0062 | 1.0431 |
| 1.0062 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.647 | 20.647 | 119.164 |
| 20.647 | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | 415.562 | 300.016 | 70.969 |
| 300.016 | | | |
| CP, KJ/KG-K | 4.000 | 3.948 | 2.503 |
| 3.948 | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/M3 | 953.735 | 973.709 | 1026.903 |
| 973.709 | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | 8.2913E-04 | 8.7964E-04 | 4.8843E-03 |
| 7.3889E-04 | | | |
| SURFACE TENSION, N/M | 0.0564 | 0.0619 | 0.0385 |
| 0.0619 | | | |
| THERMAL COND, W/M-K | 0.37787 | 0.38947 | 0.19363 |
| 0.38947 | | | |
| VISCOSITY, PAS | 2.93500E-04 | 4.32079E-04 | 0.05996 |
| 4.32079E-04 | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | 0.3077 | 0.4437 | 58.3856 |
| 0.4437 | | | |

SIMSCI
PAGE P-52

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====

| STREAM ID | 13 | 14 | 15 |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| 16 | | | |
| NAME | | Agua | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- TOTAL STREAM ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7231.649 | 3.435 | 7235.084 |
| 7235.084 | | | |
| K*KG/HR | 149.310 | 6.188E-02 | 149.371 |
| 149.371 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 148.539 | 6.194E-02 | 148.601 |
| 148.601 | | | |
| TEMPERATURE, K | 338.706 | 366.483 | 338.718 |
| 339.345 | | | |
| PRESSURE, KPA | 101.353 | 101.353 | 101.353 |
| 1792.638 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.647 | 18.015 | 20.645 |
| 20.645 | | | |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 38.260 | 2.420E-02 | 38.284 |
| 38.653 | | | |
| KJ/KG | 256.248 | 391.082 | 256.304 |
| 258.768 | | | |
| MOLE FRACTION LIQUID | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| 1.0000 | | | |
| REDUCED TEMP (KAYS RULE) | 0.5228 | 0.5663 | 0.5229 |
| 0.5238 | | | |
| PRES (KAYS RULE) | 4.6964E-03 | 4.5955E-03 | 4.6964E-03 |
| 0.0831 | | | |
| ACENTRIC FACTOR | 0.3661 | 0.3449 | 0.3661 |
| 0.3661 | | | |
| WATSON K (UOPK) | 8.849 | 8.758 | 8.849 |
| 8.849 | | | |
| STD LIQ DENSITY, KG/M3 | 1005.188 | 999.014 | 1005.186 |
| 1005.186 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY | 1.0062 | 1.0000 | 1.0062 |
| 1.0062 | | | |
| API GRAVITY | 9.131 | 10.000 | 9.131 |
| 9.131 | | | |
| ----- VAPOR ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| K*KG/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |

| | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| ACTUAL K*M3/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| STD VAP RATE(1), K*M3/HR | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0) | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| CP, KJ/KG-K | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/K*M3 | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| TH COND, W/M-K | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| VISCOSITY, PAS | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | N/A | N/A | N/A |
| N/A | | | |

(1) STANDARD VAPOR VOLUME IS 23.69 M3/KG-MOLE (288.71 K AND 1 ATM)

SIMSCI
PAGE P-53

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====
=====

| STREAM ID | 13 | 14 | 15 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 16 | | | |
| NAME | | Agua | |
| PHASE | LIQUID | LIQUID | LIQUID |
| LIQUID | | | |
| THERMO ID | AMINE | AMINE | AMINE |
| AMINE | | | |
| ----- LIQUID ----- | | | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7231.649 | 3.435 | 7235.084 |
| 7235.084 | | | |
| K*KG/HR | 149.310 | 6.188E-02 | 149.371 |
| 149.371 | | | |
| ACTUAL M3/HR | 152.301 | 6.433E-02 | 152.366 |
| 152.422 | | | |
| ACTUAL GAL/MIN | 670.562 | 0.283 | 670.846 |
| 671.093 | | | |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 148.539 | 6.194E-02 | 148.601 |
| 148.601 | | | |
| SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0) | 1.0062 | 1.0000 | 1.0062 |
| 1.0062 | | | |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.647 | 18.015 | 20.645 |
| 20.645 | | | |
| ENTHALPY, KJ/KG | 256.248 | 391.082 | 256.304 |
| 258.768 | | | |
| CP, KJ/KG-K | 3.932 | 4.211 | 3.932 |
| 3.933 | | | |
| ACTUAL DENSITY, KG/M3 | 980.358 | 961.886 | 980.349 |
| 979.988 | | | |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | 7.5796E-04 | 6.2297E-04 | 7.5789E-04 |
| 0.0134 | | | |
| SURFACE TENSION, N/M | 0.0641 | 0.0595 | 0.0641 |
| 0.0639 | | | |
| THERMAL COND, W/M-K | 0.39304 | 0.67295 | 0.39308 |
| 0.39290 | | | |
| VISCOSITY, PAS | 5.15944E-04 | 3.01361E-04 | 5.15798E-04 |
| 5.10408E-04 | | | |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | 0.5263 | 0.3133 | 0.5261 |
| 0.5208 | | | |

SIMSCI
PAGE P-54

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====
=====

| | |
|-----------|-------------|
| STREAM ID | 17 |
| NAME | Amina pobre |
| PHASE | LIQUID |
| THERMO ID | AMINE |

| | |
|--------------------------|----------|
| ----- TOTAL STREAM ----- | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7235.084 |
| K*KG/HR | 149.371 |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 148.601 |
| TEMPERATURE, K | 319.261 |
| PRESSURE, KPA | 1792.638 |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.645 |
| ENTHALPY, M*KJ/HR | 26.873 |
| KJ/KG | 179.909 |
| MOLE FRACTION LIQUID | 1.0000 |
| REDUCED TEMP (KAYS RULE) | 0.4928 |
| PRES (KAYS RULE) | 0.0831 |
| ACENTRIC FACTOR | 0.3661 |
| WATSON K (UOPK) | 8.849 |
| STD LIQ DENSITY, KG/M3 | 1005.186 |
| SPECIFIC GRAVITY | 1.0062 |
| API GRAVITY | 9.131 |

| | |
|----------------------------|-----|
| ----- VAPOR ----- | |
| RATE, KG-MOL/HR | N/A |
| K*KG/HR | N/A |
| ACTUAL K*M3/HR | N/A |
| STD VAP RATE(1), K*M3/HR | N/A |
| SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0) | N/A |
| MOLECULAR WEIGHT | N/A |
| ENTHALPY, KJ/KG | N/A |
| CP, KJ/KG-K | N/A |
| ACTUAL DENSITY, KG/K*M3 | N/A |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | N/A |
| TH COND, W/M-K | N/A |
| VISCOSITY, PAS | N/A |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | N/A |

(1) STANDARD VAPOR VOLUME IS 23.69 M3/KG-MOLE (288.71 K AND 1 ATM)

SIMSCI
PAGE P-55

R

PROJECT NAN_DESULF
PROBLEM DESULF

PRO/II VERSION 10.1 (64 bit)
OUTPUT

Nayara

STREAM SUMMARY

07/01/19

=====
=====

| | |
|-----------|-------------|
| STREAM ID | 17 |
| NAME | Amina pobre |
| PHASE | LIQUID |
| THERMO ID | AMINE |

| | |
|----------------------------|-------------|
| ----- LIQUID ----- | |
| RATE, KG-MOL/HR | 7235.084 |
| K*KG/HR | 149.371 |
| ACTUAL M3/HR | 150.758 |
| ACTUAL GAL/MIN | 663.768 |
| STD LIQ RATE, M3/HR | 148.601 |
| SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0) | 1.0062 |
| MOLECULAR WEIGHT | 20.645 |
| ENTHALPY, KJ/KG | 179.909 |
| CP, KJ/KG-K | 3.925 |
| ACTUAL DENSITY, KG/M3 | 990.802 |
| Z (FROM ACTUAL DENSITY) | 0.0141 |
| SURFACE TENSION, N/M | 0.0678 |
| THERMAL COND, W/M-K | 0.39789 |
| VISCOSITY, PAS | 7.38641E-04 |
| KVIS (VISC/DENS), CSTOKE | 0.7455 |