

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA  
AREAS ESPECIALES DE GRADO



“EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA TORRE FRACCIONADORA DE PROPANO (C3)”

Monografía Presentada ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial para Optar al título de Ingeniero Químico.

REALIZADO POR:

Briceño Fajardo, Yeison Luis

Matheus, Deidamia Josefina

Puerto la Cruz, Agosto de 2007

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUÍMICA  
AREAS ESPECIALES DE GRADO



“EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA TORRE FRACCIONADORA DE PROPANO (C3)”

JURADOS:

Ing. Isvelia Avendaño

---

Ing. José Rondón

---

Ing. Mario Briones

---

Ing. José Fariña

---

Puerto la Cruz, Agosto de 2007

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo; el cual lo participará al Consejo Universitario”.

## DEDICATORIA

*A Dios todopoderoso* por darme la fortaleza necesaria para culminar este proyecto y por guiar mis pasos en todo momento.

*A mi madre* ejemplo de inspiración de todos mis logros, a ella debo todo lo que soy. Te quiero de aquí al cielo.

*A mis abuelos* por su cariño. Espero este título sea una satisfacción para ustedes.

*A mis hermanos* para que este logro sea su inspiración y lleguen a alcanzar todas las metas que la vida les presente.

*A todos mis tíos y primos* por su apoyo incondicional y con quienes comparto momentos inolvidables.

A mis amigos: Marimir, Carmen, Yamileth, Silvia, Ingrid, Marcos, y Roberto con quienes comparto momentos especiales. Gracias a todos.

A mis compañeros de estudios en especial a Luisa, Luís y Yeison con los que pude compartir de manera grata todo este tiempo.

*A Ágnel Alcalá* por haber acudido en mi ayuda cada vez que fue necesario. Gracias.

A mis sobrinos: Dheliannys, Grecia Valentina, Carlitos y Christian Alejandro por su cariño incondicional. Los adoro Deidamia J.

## **DEDICATORIA**

Principalmente a Dios que me dio salud para lograr esta meta.

A mi madre y mi abuela que son las personas que mas quiero en este mundo, por siempre apoyarme y creer siempre en mi que son sus consejos pude lograr ser Ingeniero químico.

A mis padres Luis Briceño y Luis Rodríguez que son las personas que siempre me dieron un apoyo incondicional.

A mi abuelo Luis María Briceño por ser la persona mas ilustre que he conocido.

A mis hermanos Javier y Militza que vean esta meta alcanzada como ejemplo a seguir.

A mis tíos, siempre pendiente y dando ánimos.

Y en especial a la memoria de mi tía Betty que Dios te tenga en la gloria siempre te recuerdo.

YEISON L.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los profesores de los cursos especiales de áreas por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y por su incondicional apoyo y asesoría.

A todos los profesores de la Universidad de Oriente y en especial a los profesores del departamento de Ingeniería Química.

A la Ingeniero Keila Morao por su valiosa ayuda.

Al señor Hugo López por la colaboración prestada para la realización de este trabajo.

A Dioster Herrera por su colaboración.

A todos mis amigos y compañeros de estudio por su solidaridad.

A todas aquellas personas que de alguna manera prestaron su colaboración para la realización de este proyecto.

Deidamia J.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme salud y mis padres por todo su apoyo incondicional para así terminar la meta mas importante en mi vida, a mis compañeros de la carrera Rosa González “rosita”, Ángel Perrería, Nelson Vargas por ser las personas que en los momentos mas duros de la carrera supieron como darme su apoyo, a la profesora Ivelia el señor Dioster Herrera y mis compañeros de áreas Luis , Luisa y Deidamia por formar un verdadero equipo de trabajo y mi mismo por todo el empeño que demostré por ser Ingeniero Químico.

YEISON L.

## **RESUMEN**

Una torre despropanizadora esta diseñada para producir propano (constituyente principal del LGN) con una pureza de 98%, Si esta pureza se ve afectada se puede decir que el producto sale fuera de especificaciones. En muchas ocasiones la cromatografía juega un papel muy importante ya que permite a la planta de fraccionamiento conocer los porcentajes por separado de cada uno de los componentes de la corriente de gas proveniente de la planta de Extracción, ayudando así a evitar problemas operacionales en las torres de fraccionamiento. Los líquidos del gas Natural son fraccionados en sus componentes individuales: iso-butano, normal butano, pentano, gasolina natural y corte pesado.

El estudio y evaluación de la filosofía de operación del sistema de control de una planta fraccionadora de propano nos permite conocer el funcionamiento y las condiciones de diseño de dicha torre de destilación. La temperatura de la torre determina la separación. Los parámetros de control deben mantenerse por debajo de su punto de ajuste y deben proporcionar alarmas en el caso de una medición errónea. La alimentación a la despropanizadora es medida y un controlador de relación mantiene un flujo proporcional de aceite caliente al rehervidor. El reflujo esta bajo control de flujo asistido por la información suministrada por un analizador para guiar al operador en el punto de control de flujo y el producto de fondo de la torre es despachado bajo control de nivel.

En fin un funcionamiento optimo de los equipos que conforman la torre despropanizadora permite enviar un producto propano puro a almacenaje para luego abastecer el mercado nacional e internacional.

## CONTENIDO

RESOLUCIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
RESUMEN .....	viii
CONTENIDO .....	ix
LISTA DE FIGURAS. ....	xiii
CAPITULO I. ....	15
INTRODUCCIÓN .....	15
1.1 Planteamiento del problema. ....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1Objetivo general. ....	18
1.2.2 Objetivos especificos. ....	18
CAPITULO II.....	19
MARCO TEÒRICO .....	19
2.1 Gas natural.....	19
2.1.1 Clasificación del gas natural.....	19
2.1.2 Productos del Gas Natural .....	20
2.2 Líquidos del gas natural (lgn).....	20
2.3 Fraccionamiento de los líquidos del gas natural.....	20
2.3.1 Tipos de fraccionamiento. ....	22
2.3.2 Dimensionamiento de un tren de fraccionamiento .....	22
2.4 Tipos de torres .....	23
2.4.1 Torres Empacadas.....	23
2.4.2 Torres de Platos .....	24

2.5 Tipos de platos.....	24
2.6 Descripción del proceso de destilación. ....	27
2.6.1 Alimentación .....	28
2.6.2 Rectificación.....	29
2.6.3 Reflujo .....	30
2.6.4 Corte lateral .....	30
2.7 Equipos principales de una torre de fraccionamiento.....	31
2.7.1. Rehervidor .....	31
2.7.2. Tambor de destilado .....	32
2.7.3 Condensadores.....	32
2.7.4 Intercambiadores de calor.....	33
2.7.4.1 Funciones de los intercambiadores de calor.....	33
2.7.4.2 Tipos de intercambiadores de calor. ....	34
2.7.4.2.1 Intercambiadores de coraza y tubo. ....	34
2.7.4.2.1.1 Componentes básicos .....	35
2.7.4.2.2 Intercambiadores por aire .....	37
2.7.4.2.2.1 Ventajas y desventajas de los enfriadores por aire .....	39
2.8 Anormalidades del proceso. ....	40
2.8.1 Arrastre. ....	40
2.8.2 Vomito .....	41
2.8.3 Goteo .....	41
2.8.4 Inundación .....	42
2.9 Sistema de control asociado a este tipo de torres. ....	42
2.9.1 Sistema de control o lazo de control.....	42
2.9.1.1 Ventajas del sistema lazo abierto.....	42
2.9.1.2 Desventaja: .....	43
2.9.1.3 Ventajas del sistema lazo cerrado.....	43
2.9.1.4 Desventaja: .....	43
2.9.2 Controlador .....	43

2.9.2.1 Principio de funcionamiento.....	43
CAPITULO III. ....	44
DESARROLLO.....	44
3.1 Descripción de los principios operacionales de una torre fraccionadora de propano.....	44
3.2 Características de diseño de una torre despropanizadora. ....	48
3.3 Analizar el sistema de control de una torre fraccionadora de propano....	53
3.4 Parametros de control máximos y minimos de la torre DESPROPANIZADORA. ....	56
3.5 Problemas operacionales en una planta fraccionadora de propano. ....	58
3.5.1 Presión de la columna:.....	59
3.5.2 Reflujo: .....	59
3.5.3 Temperaturas de carga:.....	59
3.5.4 Variación en la rata de reflujo: .....	60
3.5.5 Variación en la composición de la alimentación: .....	60
3.5.6 Funcionamiento inadecuado del rehervidor. ....	60
3.6 Riesgos asociados a una planta de fraccionamiento de propano y sistemas adicionales que permiten el control de este tipo de situaciones.....	61
3.6.1 Fuga y fuego de líquido. ....	61
3.6.2 Explosiones.....	62
3.6.2.1 Explosión de una nube de gas no confinada (UVCE): .....	63
3.6.2.2 Explosiones de vapores que se expanden al hervir un liquido (BLEVE). ....	63
3.6.2.2.1 Peligros debido a un BLEVE.....	63
3.6.3 Radiación .....	64
3.6.3.1 Tipos de fuegos que se presentarían en una planta de fraccionamiento.....	64
3.6.4 Soluciones a este tipo de situaciones. ....	65
CAPITULO IV. ....	67

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	67
4.1 Conclusiones.....	67
4.2 Recomendaciones .....	68
BIBLIOGRAFIA .....	69
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: .....	70
Avendaño P., Isvelia C. ....	72
Briones C., Mario F. ....	72
Fariñas G., José G.....	72
Tesis. Evaluación de la filosofía de operación del .....	73
Application/msword .....	73

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 2.1. Paso del flujo de vapor a través del área de burbujeo. ....	26
Figura 2.2. Esquema general de los elementos principales presentes en una torre de destilación.....	28
Figura N° 2.3. Rehervidor.....	32
Figura N° 2.4. Tambor de destilado.....	33
Figura N° 2.5 Intercambiador de calor de tubo y coraza.....	37
Figura N °2.6 Intercambiadores de calor (Partes). ....	38
Figura N° 2.7.Enfriador por aire. ....	38
Figura N° 2.8. Enfriadores por aire.....	39
Figura N° 3.1. Diagrama de flujo de la Torre Despropanizadora. ....	48
Figura N° 3.2. Balas de Almacenamiento de una planta fraccionadora de propano.....	49
Figura N° 3.3. Balas de Almacenamiento.....	49
Figura N° 3.4. Tren de Pre-Calentamiento de la Planta despropanizadora .....	50
Figura N° 3.5. Torre Despropanizadora.....	51
Figura N° 3.6. Tambor de Reflujo o Acumulador .....	51
Figura N° 3.7. Condensadores .....	51
Figura N° 3.8. Rehervidor.....	52
Figura N° 3.9. Bomba de Reflujo .....	52
Figura N° 3.10. Panel de Control en una planta de fraccionamiento.....	53
Figura N° 3.11. Sistema de Control en las balas de Almacenamiento. ....	54
Figura N° 3.12. Sistema de control en el dispositivo de pre- calentamiento. ....	55
Figura N° 3.14. Indicadores de Nivel en las balas de Almacenamiento.....	57
Figura N° 3.15. Indicadores de nivel en el Acumulador de Reflujo.....	58
Figura N° 3.16. Indicadores de nivel en la Torre Despropanizadora.....	58
Figura N° 3.17. Explosión de vapores en expansión y líquidos en ebullición. (Bleve).....	64

Figura N° 3.18. Explosión de vapores en un tanque de propano. (Bleve).....	64
Figura N° 3.19. Bola de fuego. (Uvce) .....	65

## **CAPITULO I.**

### **INTRODUCCIÓN**

El negocio del gas natural en Venezuela se basa principalmente en el consumo interno el cual ha sido tan rentable que su demanda ha aumentado y por ende la producción del gas natural en los últimos años, pero no se limita únicamente a la extracción de este del subsuelo, sino, que implica una cantidad de procesos entre los que se encuentra la separación de fluidos (petróleo y gas), medición, entre otros.

Luego el acondicionamiento para las impurezas presentes comúnmente en el gas, extracción de líquidos y fraccionamiento, donde se procesa el gas para separar los componentes ligeros, metano etano y propano de las fracciones mas pesadas.

El proceso completo de fraccionamientos se realiza en etapas, comenzando con el retiro de líquidos del gas natural mas ligeros de la corriente. Este procedimiento se lleva a cabo mediante torres de destilación conectadas de tal manera que cada una de estas representa una etapa de separación.

La alimentación de las plantas de fraccionamiento proviene de las plantas de extracción. Los líquidos del gas natural son fraccionados en sus componentes individuales: propano, iso-butano, normal butano, pentano, gasolina natural y corte pesado. Estos productos son enviados al área de almacenamiento para luego abastecer el mercado nacional e internacional.

El propano es uno de los constituyentes principales del LGN; en su estado natural se mantiene como gas incoloro, inodoro. Es mas denso que el aire; su peso molecular es de 44,097 y su punto de ebullición de  $-43,96^{\circ}\text{C}$  a 14,7 psia. En algunas plantas de fraccionamiento conocidas, el propano es refrigerado y presurizado para

almacenarlo en estado líquido; además se usa como refrigerante para enfriar todos los productos almacenados en los tanques refrigerados.

El desarrollo de este proyecto se basa en el estudio y evaluación de la filosofía de operación del sistema de control de una planta fraccionadora de propano.

La despropanizadora es una columna de platos (50), posee un condensador de tope enfriado por aire; también cuenta con un rehervidor de tipo termosifón horizontal de tubo y coraza. El calor al equipo es suministrado por el sistema de aceite caliente. La alimentación a la despropanizadora viene desde el calentador de alimentación de la planta que luego de ser calentado obtiene la temperatura requerida. En arranque, la presencia de agua (diferente al agua removida en el filtro coalescedor) debe ser removida en el acumulador de tope de la despropanizadora. Para esto se dispone de un drenaje manual en la bota del acumulador. La despropanizadora esta diseñada para obtener producto propano de 98% en volumen de pureza. Además el contenido de propano en el fondo debe ser limitado.

Dicha planta esta conformada por una serie de equipos con características de diseño y operación definidas. Además de evaluar el sistema de control de cada dispositivo, se conocerán los parámetros de control máximos y mínimos. Estos controladores deben mantenerse por debajo de su punto de ajuste y deben proporcionar alarmas en el caso de una medición errónea.

Se evaluarán los problemas operacionales que resultan como consecuencia de una mala operación de la torre y sus equipos; así como también los riesgos y las posibles soluciones para cada caso.

## **1.1 Planteamiento del problema.**

En Venezuela, los Líquidos del Gas Natural (LGN) son comercializados tanto en el mercado nacional como en el internacional. Estos pueden ser utilizados como fuente de energía/combustible o como materia prima para la obtención de otros hidrocarburos tales como etileno, propileno, butanodiol y otros. Los líquidos del gas natural que alimentan a la planta de fraccionamiento provienen de las plantas de extracción. En la planta de fraccionamiento se separa en sus componentes; propano, iso-butano, n-butano, pentano, gasolina y residuales.

La primera torre de separación es la torre despropanizadora, es una columna compuesta por platos que posee un condensador de tope y un rehervidor. La alimentación debe entrar a una temperatura adecuada para que pueda ocurrir un proceso de separación óptimo; esta temperatura se obtiene al pasar por un tren de precalentamiento (intercambiadores) el LGN alimentado.

En el fraccionamiento del LGN la torre despropanizadora juega un rol muy importante ya que es la primera etapa de separación. Para obtener la mayor cantidad de propano y el rendimiento óptimo de este sistema es necesario realizar una evaluación al régimen de control y operación de la torre despropanizadora, con el fin de entender la filosofía de la misma y establecer la condición óptima de los parámetros de control real. Para esto se realizó una descripción de los principios operacionales de la torre y características de diseño para determinar los parámetros de control, problemas operacionales e identificar los riesgos asociados a este tipo de sistemas y dar posibles soluciones a los problemas que se presenten.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Evaluar la filosofía de operación del sistema de control de una torre fraccionadora de propano.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

Describir los principios operacionales de una torre despropanizadora.

Especificar las características de diseño de una torre despropanizadora.

Analizar el sistema de control de una torre fraccionadora de propano.

Determinar los parámetros de control, máximos y mínimos de la torre despropanizadora.

Definir los problemas operacionales típicos en una torre despropanizadora y posibles soluciones.

Identificar los riesgos asociados a este tipo de sistemas, y los sistemas adicionales que permiten el control de este tipo de situaciones.

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEÒRICO**

#### **2.1 Gas natural.**

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que existe en los yacimientos en fase gaseosa, o en solución con el petróleo, y que a condiciones atmosféricas permanece en fase gaseosa. Puede encontrarse mezclado con algunas impurezas o sustancias que no son hidrocarburos, tales como ácido sulfhídrico, nitrógeno y/o dióxido de carbono. Por su origen, el gas natural se clasifica en asociado y no asociado. El gas asociado es aquel que se encuentra en contacto y/o disuelto en el petróleo del yacimiento. Este, a su vez, puede ser clasificado como gas de casquete (libre) o gas en solución (disuelto). El gas no asociado, por el contrario, es aquel que se encuentra en yacimientos que no contienen petróleo crudo, a las condiciones de presión y temperatura originales.

##### **2.1.1 Clasificación del gas natural**

**Gas Dulce:** Es aquel que tiene un contenido bajo de compuestos de azufre, especialmente de sulfuros de hidrógeno (menor a 4ppm).

**Gas Agrio:** Es aquel que contiene cantidades apreciables de sulfuro de hidrógeno y por lo tanto es muy corrosivo.

**Gas rico (húmedo):** Es aquel del que pueden obtenerse cantidades apreciables de hidrocarburos líquidos (no tiene nada que ver con el contenido de vapor de agua).

**Gas pobre (seco):** Esta formado prácticamente por metano en cantidades mayores al 90% molar de la mezcla.

### **2.1.2 Productos del Gas Natural**

Gas residual

- Metano (C1)

Etano (C2)

Líquidos del Gas Natural

- Propano (C3)

Butano (C4)

Pentano (C5)

Mas Pesados

### **2.2 Líquidos del gas natural (lgn).**

Son productos originados como consecuencia del tratamiento del gas y están formados por propano, butano y otros hidrocarburos mas pesados, que se utilizan como combustible y materia prima, esta ultima principalmente en la industria petroquímica. La propiedad que los diferencia de los líquidos del petróleo es su baja temperatura crítica, cerca de  $-73$  °C. Esto significa que el gas natural no puede licuarse a temperatura ambiente por el simple aumento de la presión, tiene que enfriarse a temperaturas criogénicas para lograr su licuefacción y estar bien aislado para conservarse en estado líquido.

### **2.3 Fraccionamiento de los líquidos del gas natural.**

El sistema de fraccionamiento es usado para separar una mezcla en productos individuales de salida. El fraccionamiento es posible cuando dos productos tienen diferentes puntos de ebullición. La operación consiste en que al introducir una mezcla de hidrocarburos, los componentes que tengan menor punto de ebullición (mas

livianos) se vaporizan primeramente y tienden a subir y los componentes de puntos de ebullición mas altos (mas pesados) se quedan en el fondo.

Debido a que el calor supe por el fondo del fraccionador y se retira por el tope, se crea un gradiente de temperatura entre los platos del tope y los del fondo de la columna, el cual fluye hacia arriba, plato a plato. Debido a que el vapor encuentra continuamente puntos de baja temperatura, el componente más volátil se condensa. Su condensación produce calor, que a su vez vaporiza el componente más volátil del líquido que entra al plato, desde la bandeja inmediata superior. Este proceso de condensación y vaporización alternativa origina un producto de tope enriquecido en el componente más volátil y un producto de fondo enriquecido en el componente menos volátil. Cuando la carga esta formada por dos o mas componentes, estos se distribuyen hacia el tope y el fondo de la columna en cantidades apreciables. Si existen solamente dos componentes, el más volátil se denomina componente clave pesado. En pocas palabras fraccionamiento es una operación de destilación a contracorrientes en etapas múltiples en la cual el vapor obtenido en el tope se condensa y una porción del mismo retorna en la parte superior.

El fraccionamiento se puede llevar a cabo en la práctica por cualquiera de dos métodos principales. El primer método consiste en la producción de un vapor por ebullición de la mezcla líquida que se va a separar en una sola etapa, para recuperar y condensar los vapores. En este método no se permite que el líquido regrese al destilador de una sola etapa y se ponga en contacto con los vapores que se desprenden.

El segundo método implica el retorno de una porción de condensado al destilador. Los vapores se desprenden a través de la serie de etapas o platos a contracorriente con respecto a los vapores. Este segundo método se llama destilación fraccionada, destilación con reflujo o rectificación.

Se utilizan varios tipos de dispositivos, como por ejemplo, los empaques vaciados u ordenados y las bandejas o platos, para que las dos fases entren en contacto íntimo.

Los platos se colocan uno sobre otro y se encierran con una cubierta cilíndrica para formar una columna.

### **2.3.1 Tipos de fraccionamiento.**

De acuerdo a la presión existen tipos de fraccionamiento los cuales son:

**Destilación atmosférica:** Ocurre cuando la presión de la torre oscila entre 0.4 5.5 atmósferas absolutas.

**Destilación al vacío:** Es aquella que se opera por debajo de la presión atmosférica, a una presión no mayor de 3000 mmHg como presión tope de la columna.

**Destilación presurizada:** Normalmente usa en el tope de la columna una presión de 80 psia ó mayor.

### **2.3.2 Dimensionamiento de un tren de fraccionamiento**

Consideraciones Teóricas:

Se usa para separar dos o más corrientes en base a la diferencia de las volatilidades o puntos de ebullición (punto de burbujeo).

La volatilidad relativa de dos componentes determina la dificultad de su separación; mientras más cercanos estén los puntos de burbujeo más difícil es la separación.

El componente más volátil es aquel con menor punto de burbujeo y el menos volátil tiene mayor punto de burbujeo.

El principio de separación consiste en crear un gradiente de temperatura mediante la adición de calor por el fondo y el retiro de calor por el tope.

Cuando la alimentación esta formada por dos o más componentes, estos se distribuyen en cantidades apreciables hacia el fondo y tope en base a su volatilidad.

Cuando se fracciona un sistema de dos componentes, el más liviano se denomina llave liviana y la más pesada llave pesada.

Si se fracciona un sistema multicomponente, pueden haber más de dos componentes distribuidos; en este caso, los componentes llave serán los que demuestren mayor cambio en la composición entre el tope y el fondo.

Una columna de fraccionamiento está dividida en dos secciones respecto al plato de alimentación: zona de rectificación o enriquecimiento (tope) y zona de despojamiento (fondo). En la zona de despojamiento, los platos tienen mayor cantidad de líquido que de vapor mientras que en la zona de rectificación ocurre lo contrario.

## **2.4 Tipos de torres**

### **2.4.1 Torres Empacadas**

Se recomiendan para los siguientes casos:

Operaciones al vacío: Se puede diseñar para caídas de presión menores .

Para líquidos espumantes: se produce menor altura de espumas.

Se reduce la retención de líquido, lo que permite manejar procesos con materiales sensibles al calor.

La construcción suele ser más sencilla y económica en sistemas corrosivos.

En torres de diámetro pequeño, son más económicas que las de platos.

### 2.4.2 Torres de Platos

Existen numerosos diseños de dispositivos de fraccionamiento. En la industria, ellos se pueden clasificar en bandejas con bajante y sin bajantes.

Un plato o bandeja típica consiste en un área de burbujeo, el área de sello del bajante y el área del bajante. Usualmente, la bandeja está equipada con un rebosadero de salida en el extremo de salida de la corriente del área de burbujeo.

El líquido que desciende de la bandeja superior a través del bajante, cambia su dirección en el área del sello del bajante y entra al área de burbujeo. Aquí el líquido entra en contacto con el vapor ascendente a través de la bandeja. El rebosadero de salida sirve primariamente para mantener el nivel del líquido de la bandeja, así como para constituir o suministrar un sello al bajante. Las bandejas con bajantes se diseñan para tener una trayectoria de líquido, o dos o más trayectorias si la tasa de flujo líquido es lo suficientemente elevada.

### 2.5 Tipos de platos.

**Los platos con campanas.** Fueron los preferidos por parte de la industria, y aún son usadas en muchas instalaciones. Una bandeja de este tipo, diseñada apropiadamente, puede tener prácticamente una ilimitada relación de cambio ("turndown", o relación entre flujo máximo y flujo mínimo de operación), es decir, que puede ser operada hasta con flujo de vapor casi nulo, sin un significativo descenso de su funcionamiento. Se muestra una bandeja de campanas de burbujeo en operación, con una tasa de flujo de 10 % de su valor de inundación.

**Las bandejas de plato perforado (tipo tamiz).** Son uno de los dispositivos más ampliamente usados en la industria. Ellas son fáciles de diseñar con el nivel

actual de desarrollo del orificio, y se operan con confiabilidad para la mayoría de los campos la tasa de flujo de vapor.

No hay "lagrimeo" de líquido desde la bandeja superior aún a esta tasa tan baja.

**Las bandejas de válvulas.** Hay varios diseños de válvulas disponibles para el usuario, de varios fabricantes. Básicamente, bandejas de válvulas son bandejas de plato perforado con válvulas móviles colocadas sobre las perforaciones. Este diseño tiene alta capacidad, amplio campo de operación y buena eficiencia de separación. Hay también bandejas equipadas con válvulas rectangulares. La mezcla del líquido y vapor sobre la bandeja cubre una amplia gama de regímenes de flujo, desde burbujeo hasta la condición de pulverización, dependiendo de los sistemas y de las condiciones de operación.

La mayoría de las bandejas deben operarse por encima de una cierta tasa, a fin de obtener comportamiento satisfactorio. Esto es particularmente cierto con bandejas tipo tamiz; ellas comienzan el "lagrimeo" cuando la tasa de flujo de vapor está por debajo de cierto valor. Este es el "punto de lagrimeo" para una bandeja tipo tamiz, el cual es función de la geometría de la bandeja y de las propiedades físicas del sistema líquido / vapor manejado. Si la tasa de vapor se reduce aún más, la bandeja perforada "lagrimeará" todavía más y su eficiencia de separación se hará inferior.

Sin embargo, algunos experimentos han demostrado que el "lagrimeo" considerable, aún del 20 % del líquido circulado, no será necesariamente perjudicial para la eficiencia de la separación. El "lagrimeo" de bandejas perforadas puede reducirse y aún eliminarse, mediante disminución del área perforada de la bandeja; no obstante, esta disminución de área puede reducir la capacidad de la bandeja.

Hay varias maneras de aumentar la capacidad de una bandeja cuando está siendo limitada por arrastre. Una manera es disminuir la caída de presión a través de la bandeja; con una bandeja tipo tamiz, esto se puede lograr incrementando el área de los orificios. Otra manera es incrementar el área de burbujeo si el área del bajante no está restringiendo ya el diseño. Finalmente, se puede lograr una mayor capacidad aumentando el espacio entre bandejas. (ver figura N° 2.1)

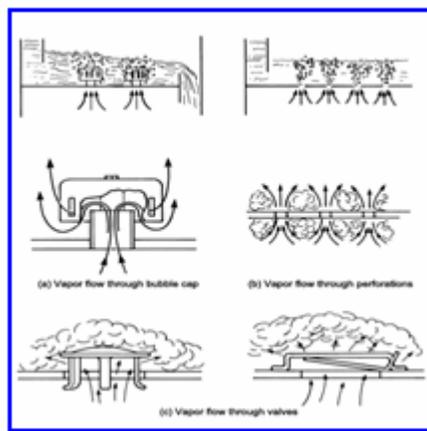


Figura 2.1. Paso del flujo de vapor a través del área de burbujeo.

Ventajas:

Permite la instalación de serpentines internos de enfriamiento en los platos.

Se pueden manejar flujos más altos de líquidos.

Para flujos de líquido extremadamente bajos se pueden diseñar para brindar tiempos de retención más altos.

Para procesos con deposición de sólidos permite la limpieza periódica sin remover las bandejas.

Para el mismo servicio, el peso es menor que el de una torre empacada.

Para operaciones que requieren un alto número de etapas, ya que permite patrones de distribución más estables que las torres empacadas.

## **2.6 Descripción del proceso de destilación.**

El proceso de destilación consiste en introducir dentro de la torre de destilación la alimentación multicomponente (metanol-agua, mezcla de hidrocarburos, etc.). En el tope de la columna se obtiene una mezcla de los componentes más livianos en fase vapor, la cual se condensa al pasar a través de un condensador, donde una parte de este condensado se retorna de nuevo a la torre y el resto es el destilado producto de la operación.

En el fondo de la columna se obtiene una mezcla de los productos más pesados en fase líquida, este líquido se introduce en un rehervidor, en donde se evapora por medio de un condensador tipo parcial, este vapor es retornado a la torre de destilación y el líquido sobrante es el residuo producto de la destilación.

El condensador en la torre de destilación puede ser total, parcial o mixto, ya sea que el destilado se necesite en fase vapor o en fase líquida respectivamente. En un condensador total, todo el vapor a la salida de la torre es condensado, y posteriormente se separa, donde una parte del líquido se regresa a la torre (reflujo) y la otra es el producto deseado.

En un condensador parcial o mixto se obtiene una mezcla líquido-vapor en equilibrio, que luego entra a un separador. En el condensador parcial, el destilado es exclusivamente vapor, mientras que todo el líquido que sale del separador regresa como reflujo a la torre, mientras que para el condensador mixto, el destilado es tanto

líquido como vapor, y una parte del líquido se regresa a la torre como reflujo. El reflujo siempre debe entrar a la columna en fase líquida.



Figura 2.2. Esquema general de los elementos principales presentes en una torre de destilación.

De la columna de destilación, se puede conocer las composiciones en fase vapor de los productos que salen por el tope, así como también su presión y por ende su temperatura, datos que son necesarios para llevar a cabo el diseño del condensador.

De la misma manera, deben conocerse de antemano, los requerimientos del destilado, para trabajar con el tipo de condensador necesario (total, parcial o mixto).

### 2.6.1 Alimentación

La alimentación es introducida a la torre continuamente. Puede ser líquida en cuyo caso el rehervidor tendrá que evaporar las partes livianas para que suban por la torre. Puede estar completamente vaporizada, en cuyo caso el condensador enfriará y condensará las partes más pesadas para que bajen por la torre. El caso más común es de una alimentación semivaporizada. Las partes livianas estarán vaporizadas al entrar a la torre y subirán. Las partes más pesadas bajarán hacia el fondo.

A medida que las partes livianas (vapor) vayan subiendo por la torre, estarán

en contacto con el líquido de cada plato. El intercambio que existe resulta en la condensación de las partes más pesadas del vapor ascendente y la evaporación de las partes más livianas del líquido descendente. Este intercambio ocurre en cada plato, y a medida que el vapor vaya subiendo se hace cada vez más liviano. Así llega al tope de la torre donde sale hacia el condensador. La parte superior de la torre se llama sección de rectificación.

La parte líquida de la alimentación cae hacia el fondo de la torre. En su camino se encuentra con vapores que suben. El líquido es despojado de los más livianos que suben con el vapor, el cual a dejado sus partes más pesadas con el líquido. Este, al llegar al fondo contiene las partes más pesadas de la alimentación y sale por el fondo de la torre. Esta parte inferior de la torre se llama sección de despojamiento; y la parte de la torre donde se inyecta la alimentación se llama zona de vaporización instantánea.

### **2.6.2 Rectificación**

La operación de rectificación consiste en hacer circular en contracorriente el vapor de una mezcla con el condensado procedente del mismo vapor, en un aparato denominado columna de rectificación.

Las partes esenciales de una columna de rectificación son: columna propiamente dicha, que es en donde se verifica el contacto íntimo entre el líquido y el vapor; el calderín, situado en la base de la columna en donde se hace hervir la mezcla a separar y el condensador de reflujo situado en la cúspide de la columna, que se encarga de suministrar el líquido descendente para su contacto con el vapor.

Para lograr el íntimo contacto entre las fases líquidas y vapor a objeto de

establecer el intercambio de materia entre ambas fases, interesa que la superficie y el tiempo de contacto sean suficientes. En la práctica éste contacto se logra con dispositivos diferentes al de los platos de borboteo que retienen el líquido a través del cual se ve obligado a pasar el vapor, y el de los cuerpos de relleno que llenan el interior de la columna verificándose el contacto entre fases sobre la superficie de éstos cuerpos de relleno.

### **2.6.3 Reflujo**

El objeto de sacar el reflujo (como vapor) de la torre y volver a introducirlo como líquido frío es de enfriar la parte superior, y a veces toda la torre. El reflujo entra en contacto con los vapores ascendentes, en el plato superior, los enfría y condensa las partes más pesadas de ese vapor. Parte del reflujo se evapora, y el efecto neto es un aumento de temperatura de la parte del reflujo que como líquido baja al plato siguiente. Allí se repite el mismo proceso: sube la temperatura del líquido, se evapora más líquido y se condensa más vapor. El líquido, a medida que baja, se va haciendo más pesado y el vapor, a medida que sube, se va haciendo más liviano.

Si no hubiera reflujo, los vapores subirían desde abajo sin condensarse ni bajar temperatura, y no habría fraccionamiento. Si la cantidad de reflujo fuera muy baja se evapora antes de bajar todos los platos de la parte rectificadora de la torre (se secan los platos situados más abajo). Si hay exceso de reflujo, la temperatura de la parte superior de la torre sería muy baja, y no podría evaporar todas las partes livianas deseables. Un reflujo total significaría que no se obtiene ningún producto de tope, es decir, todo el producto obtenido se introduce nuevamente en la torre.

### **2.6.4 Corte lateral**

Cuando se desea, se extrae de la torre parte del líquido que cae en un cierto

plato. Si se desea un producto más liviano, se extrae de un plato de la parte superior de la torre. Si el “corte” lateral se desea más pesado, se saca de un plato situado más abajo.

Cuando se saca el “corte” lateral, hay que tener cuidado de no retirar todo el líquido de ese plato. Si se hace un retiro completo, los platos de abajo se “secan”: no habrá reflujo interno, y el fraccionamiento será pobre. En algunas torres, uno o más cortes se extraen de platos de retiro total. Estos platos no permiten que el líquido que cae a ellos baje al plato inferior. En este caso, hay que introducir un reflujo externo por debajo del plato de “retiro total” y por encima del plato inferior para que haya líquido por debajo del plato de “retiro total”. Este método nos permite un mejor control de la temperatura del plato de retiro del producto, pudiéndose así controlar las características del producto.

## **2.7 Equipos principales de una torre de fraccionamiento.**

### **2.7.1. Rehervidor**

Equipo cuyo único propósito es el de vaporizar parte de los líquidos que están en el fondo de la torre produciendo vapores que fluyen desde el fondo hacia el tope. Cualquier líquido que no se vaporice en el rehervidor pasa a ser producto de fondo.(ver figura 2.3)



Figura N° 2.3. Rehervidor

### 2.7.2. Tambor de destilado

El propósito del tambor de destilado es proporcionar un flujo estable de reflujo y producto de tope. El tambor debe ser lo suficientemente grande como para absorber variaciones pequeñas en el flujo de condensación. También ayuda en la separación del vapor y del líquido y en algunos casos es usado para separar dos fases líquidas inmiscibles. (ver figura 2.4).

### 2.7.3 Condensadores

Se conoce como unidad condensadora a todo aquel intercambiador que cumple una función de disminución de temperatura, ya sea para gases, vapores y otros. La configuración de un condensador puede ser de varios tipos, es decir, de tubo y coraza, placas y superficies extendidas.



Figura N° 2.4. Tambor de destilado.

Estos equipos se encuentran generalmente en los procesos de cambios de fase de gases a líquidos, los equipos de calefacción de líquidos con vapor son a su vez condensadores de vapor. En los ciclos de refrigeración los condensadores tienen la función de enfriar el gas refrigerante ya sea por flujo cruzado gas-aire o gas-agua. Los intercambiadores son diseñados para satisfacer requerimientos específicos, existiendo en el mercado una gran diversidad de tipos que difieren en tamaño y forma, estos tipos son clasificados de acuerdo a diferentes criterios, tales como procesos y mecanismos de transferencia de calor, grado de compacticidad de la superficie, patrón de flujo, número de fluidos, geometría y tipo de construcción.

#### **2.7.4 Intercambiadores de calor.**

Es un equipo cuyo objetivo principal es la transferencia de energía térmica entre dos o más fluidos a diferentes temperaturas.

##### **2.7.4.1 Funciones de los intercambiadores de calor.**

En un intercambiador el calor fluye, como resultado del gradiente de temperatura, desde el fluido caliente hacia el frío a través de una pared de separación, la cual se le denomina superficie o área de transferencia de calor. Si los fluidos son inmiscibles, el área física de transferencia de calor puede ser eliminada, y la interfase formada entre los fluidos puede servir como área de transferencia de calor. En resumen, las funciones típicas de un intercambiador de calor en los procesos

industriales son las siguientes:

**Recuperación de calor:** La corriente fría recupera parte del calor contenido en la corriente caliente. Es decir, calentamiento y enfriamiento de las corrientes involucradas, las cuales fluyen simultáneamente a ambos lados del área de transferencia de calor.

**Evaporación:** Ocurre cuando una de las corrientes involucradas en el intercambio de calor cambia de fase líquida a vapor.

**Condensación:** Ocurre cuando una de las corrientes involucradas en el intercambio de calor cambia de fase vapor a fase líquida.

#### **2.7.4.2 Tipos de intercambiadores de calor.**

Los intercambiadores de calor se pueden clasificar según las direcciones relativas del flujo de los fluidos calientes y frío, dando lugar a términos como fluidos paralelos, cuando ambos fluidos se mueven en la misma dirección; flujo encontrado, cuando los fluidos se mueven en paralelo pero en sentido opuesto; y flujo cruzado, cuando las direcciones de flujo son mutuamente perpendiculares. Otra manera de clasificar los intercambiadores de calor, es mediante la estructura y uso de los mismos, como se muestra a continuación haciendo más énfasis en la descripción de los intercambiadores de calor por aire y los intercambiadores de calor de tubo y coraza.

##### **2.7.4.2.1 Intercambiadores de coraza y tubo.**

Los intercambiadores del tipo de coraza y tubo constituyen la parte más importantes de los equipos de transferencia de calor sin combustión en las plantas de procesos químicos (aun cuando se está haciendo cada vez mayor hincapié en otros diseños). (ver figuras 2.5 y 2.6)

#### 2.7.4.2.1.1 Componentes básicos

Los intercambiadores de tubo y coraza están contruidos con tubos redondos montados en una coraza cilíndrica con los tubos paralelos a ella, donde un fluido fluye dentro de los tubos, mientras otro lo hace a través y a lo largo del eje del intercambiador. Este tipo de intercambiador poseen deflectores (baffles) que sirven como soporte a los haces de tubos e incrementan la transferencia de calor, siendo suscomponentes principales los tubos (haces de tubos), coraza, tapa frontal, tapa de fondo, deflectores y láminas de tubos.

Los intercambiadores de calor tipo tubo y coraza poseen los siguientes componentes:

**Coraza:** Es la parte cilíndrica del intercambiador de calor por donde circula el fluido que va por fuera de los tubos, generalmente se construyen de acero al carbono.

**Tubos:** Junto con la coraza, los tubos constituyen el principal componente del intercambiador de calor. La función de estos es la de no permitir que las dos corrientes contenidas en el intercambiador se mezclen, así como la de servir como superficie para el intercambio de calor. Los tubos son contruidos con o sin costura y pueden contener aletas longitudinales, generalmente son de acero al carbono, acero inoxidable, cobre y de aleaciones que contienen cobre.

**Cubierta de la coraza:** Es un cabezal de forma toriesferica que queda embridado a la coraza por medio de pernos, es contruido del mismo material de la coraza y al ser este retirado da acceso al cabezal posterior.

**Canal de la coraza:** El canal de la coraza tiene la función de servir de brida para el acople con el cabezal anterior y de asentamiento para la placa de tubos fijo.

**Brida del extremo de la cubierta de la coraza:** Se utiliza para acoplar la coraza y la cubierta del canal.

**Boquilla de la coraza:** Los intercambiadores de calor de coraza y tubo poseen dos boquillas por el lado coraza por las cuales ingresa y sale el fluido.

**Placa de tubo flotante:** Su función es la de albergar los tubos para que de esta manera tengan sostén y queden arreglados de cierta manera específica, además de permitir la libre expansión de éstos dentro de la coraza. El material de construcción de esta placa debe ser por lo menos de la misma calidad que la que poseen los tubos.

**Cabezal flotante:** Sirve para que no se mezclen ambos fluidos además de permitir el retorno del fluido que va por los tubos. Debido a que éste cabezal es flotante, permite la libre expansión del haz de tubos dentro de la coraza. Su material de construcción debe ser igual o de mayor calidad que la de los tubos.

**Brida del cabezal flotante:** Esta brida permite que el cabezal flotante se acople junto a la placa de tubos flotantes.

**Divisor de paso o deflector longitudinal:** Este deflector es el responsable de determinar el número de pasos que el fluido dará por el lado de los tubos, este deflector divide al canal en dos haciendo que el fluido tenga un recorrido de dos pasos por los tubos.

**Placa de tubo fija:** Posee la misma función que la placa de tubo flotante.

**Canal:** Es el elemento del intercambiador, el cual está embridado al cuerpo de la coraza y su función es la de dar acceso y salida al fluido que va a circular por los tubos. Su material de construcción es igual al de los tubos.

**Cubierta del canal:** Es una tapa circular embridada al canal cuya función es la de permitir la inspección del mismo. Su material de construcción es igual a la del canal.

**Boquilla del canal:** Son dos el número de boquillas por el canal y al igual que las boquillas de la coraza, poseen la misma función con la diferencia de que permiten la entrada y la salida del fluido que va a circular por los tubos.

**Barras tirantes y espaciadores:** Son barras colocadas en el haz de tubos cuya función es la de mantener una separación dada entre los deflectores transversales.

Deflectores transversales (baffles):

Son placas colocadas transversalmente a lo largo del haz de tubos, poseen varias funciones. La primera de ellas es forzar a que el fluido que va por la coraza

tenga un recorrido zigzageante de manera de aumentar la turbulencia y de esta manera aumentar el coeficiente de convección y por lo tanto la transferencia de calor, su segunda función es la de servir de soportes para el haz de tubos reduciendo de esta manera las vibraciones.

**Deflector de choque:** es una placa colocada al final de la boquilla de entrada del fluido por la coraza, su función es la de reducir las vibraciones debido al choque directo del fluido sobre los tubos además de servir de protección a los tubos cuando el fluido que va a circular contiene partículas abrasivas tales como la arena u otros sedimentos.

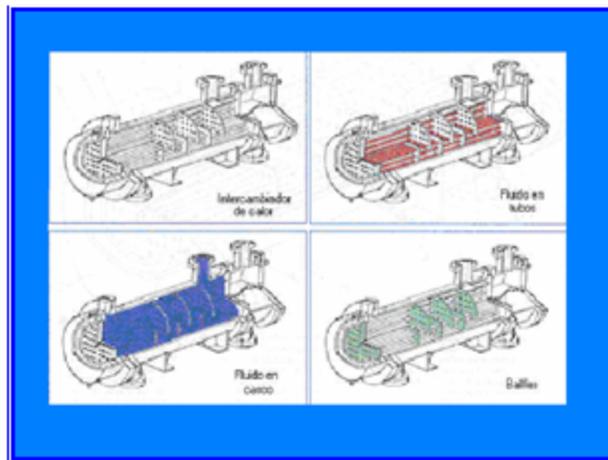


Figura N° 2.5 Intercambiador de calor de tubo y coraza.

#### 2.7.4.2.2 Intercambiadores por aire

Los enfriadores por aire, como su nombre lo especifica, no son más que intercambiadores de calor que utilizan el aire para enfriar o condensar los fluidos que pasan a través de un haz de tubos, el cual se definirá como fluido de proceso. Los enfriadores por aire también son conocidos como aroenfriadores o fin fan coolers.

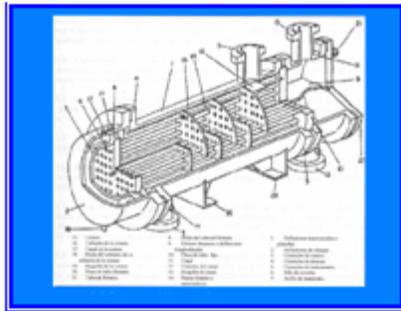


Figura N °2.6 Intercambiadores de calor (Partes).

Con el fin de aumentar la efectividad, el aire debe fluir en convección forzada, de esta manera se obtienen coeficientes de transferencia de calor que incrementan el intercambio de energía en menor tiempo, estos incluyen un haz de tubos, que generalmente tienen aletas devanadas en espiral sobre los tubos y un ventilador que impulsa el aire a través de los tubos (para impulsar el aire al interior de los tubos) y está dotado de un impulsor. Los motores eléctricos son los impulsores más comunes.

Los enfriadores por aire forman parte de los intercambiadores indirectos o recuperadores, al igual que los de coraza y tubo. (ver figura 2.7 y 2.8)

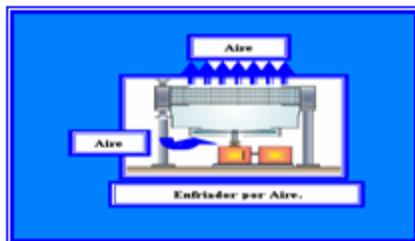


Figura N° 2.7. Enfriador por aire.

En un enfriador por aire la condensación se efectúa en el interior de un

banco de tubos (usualmente aleteados) sobre los cuales fluye aire por convección forzada o natural. Este tipo de unidad es algunas veces usada en la industria de generación eléctrica, en aquellos lugares donde la disponibilidad de agua de enfriamiento es baja.

En general, estos condensadores no presentan mayores problemas en su operación y diseño, pero deben ser diseñados asegurando que el flujo sea horizontal o con una pequeña inclinación hacia abajo y con una distribución uniforme del flujo en los tubos.



Figura N° 2.8. Enfriadores por aire.

#### **2.7.4.2.2.1 Ventajas y desventajas de los enfriadores por aire**

Ventajas:

- 1.** Generalmente la construcción es sencilla, incluso a una presión relativamente alta y/o temperatura altas.
- 2.** No presenta problemas de agua tales como corrosión, presencia de algas, escamas, espumas, etc.
- 3.** En algunos casos se puede instalar estas unidades por encima de otros equipos, o sobre pasos de tuberías o pisos de edificios.

4. Excelente para reducir altos niveles de temperatura, particularmente por encima de 200°F (93 °C).

Desventajas.

1. Limitación bastante alta en la temperatura de salida del fluido que se desea enfriar.

2. En caso de producirse filtraciones a la atmósfera, se pueden escapar vapores y líquidos tóxicos y /o inflamables. Esto puede crear una situación de alta inseguridad.

3. No son muy deseables para servicios de vacío debido a limitaciones en la caída de presión. Sin embargo, son usados en esa clase de servicios.

4. Se usan principalmente para el enfriamiento de líquidos o de vapores que sean condensables con cierta facilidad. Sin embargo, el uso de esos intercambiadores en el enfriamiento de gases es limitado. Esto se debe a que los coeficientes de transferencia de calor por convección son muy pequeños.

## **2.8 Anormalidades del proceso.**

El uso de platos y dispositivos tales como válvulas, copas de burbujeo, empaques, etc., propicia una buena rectificación; pero, al mismo tiempo, esos dispositivos funcionan como restricciones al flujo de vapores y líquidos. En el caso de flujos excesivos de vapores o líquidos, el tráfico de materiales sufre una sobrecarga y las funciones generales de la torre se alteran. Por eso es conveniente mantener en observación los efectos de cambios recientes de las variables de operación.

### **2.8.1 Arrastre.**

Un arrastre grave puede ser el comienzo de una inundación. Normalmente, sobre la superficie del líquido en un plato, existe un gran volumen de gotas arrastradas por la velocidad de los vapores en ascenso. Altas cargas de vapores aumentan las velocidades de estos, produciéndose un exceso en el arrastre de líquido que ira a contaminar el plato superior con partículas pesadas. El fraccionamiento se ve afectado pues el proceso de rectificación se anula.

Es posible normalizar la situación bajando la temperatura de la carga, la tasa de alimentación del vapor despojado.

### **2.8.2 Vomito**

Consiste en la inundación del plato de tope y, en casos más severos, también de los platos inferiores. Puede resultar por un exceso de reflujo de tope, del cual una gran parte regresa por la línea de vapores de cabecera como líquido en oleadas. Deben dirigirse acciones para bajar temperaturas y para disminuir las tasas de reflujo a tope.

Por ejemplo, aumentando el reflujo intermedio, bajar tasas y/o temperatura de la carga y tratar de mantener o subir levemente la presión.

### **2.8.3 Goteo**

Cuando el flujo de vapor es bajo, existe una capacidad limitada para sustentar el líquido en la bandeja; la columna hidrostática vence la energía de los vapores y comienza un goteo rápido que puede llegar a secar el nivel de la bandeja si estas condiciones se mantienen.

La manera de controlar o corregir el goteo es mantener o retornar las condiciones operacionales de la torre dentro de las especificaciones del proceso

establecido en el diseño.

#### **2.8.4 Inundación**

Por altas cargas de líquido o de vapores, uno o mas platos pueden llenarse completamente de líquido o espuma. El tubo o los tubos de rebose no pueden desalojar efectivamente el torrente de líquido, particularmente si hay dificultades en el flujo de vapores y formaciones de contrapresiones entre los platos.

Las condiciones pueden normalizarse si se baja controladamente la carga, temperatura, vapor despojador, reflujos, y extrayendo más productos laterales, etc. La presión, como variable, puede intervenir en última instancia, y en todo caso sería para aumentarla, buscando disminuir el volumen y la velocidad de los vapores.

### **2.9 Sistema de control asociado a este tipo de torres.**

#### **2.9.1 Sistema de control o lazo de control**

Sistema que compara el valor de las variantes o condiciones por controlar con un valor deseado y ejecuta una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga.

Los lazos de control pueden ser de dos tipos:

Lazos abiertos: Aquel en el cual la señal que circula por sus elementos nace en un punto y termina en otro, es decir, que carece de retroalimentación.

Lazos cerrados: Aquel en el cual la señal nace en un punto y regresa al lugar de origen, es decir, tiene retroalimentación.

##### **2.9.1.1 Ventajas del sistema lazo abierto**

La estabilidad no es afectada por los cambios de carga del proceso

Son mas sencillos y menos costosos

#### **2.9.1.2 Desventaja:**

El sistema es menos exacto.

#### **2.9.1.3 Ventajas del sistema lazo cerrado**

Control más exacto de las variables.

Reduce los costos de operación.

#### **2.9.1.4 Desventaja:**

La estabilidad es afectada por las perturbaciones por lo tanto requiere de personal especializado.

### **2.9.2 Controlador**

Es un dispositivo que mide el comportamiento del circuito de control, compara el valor de la variable con el punto de ajuste realizando la acción correctiva correspondiente al error. Son de gran dominio en el valor de la variable pues permite realizar tareas de control ininterrumpidamente reduciendo los gastos de operación, aumentando la calidad y productividad.

#### **2.9.2.1 Principio de funcionamiento.**

El primero en tomar acción es el elemento de medición, censa los cambios de la variable y comunica una señal de movimiento al sistema tobera – obturador y si la señal es neumática por ser débil requiere un amplificador que eleva la señal. La señal de respuesta es proporcional a la diferencia entre el valor medido y el valor deseado, y para lograr esta proporcionalidad se utiliza en los controladores proporcionales un fuelle proporcional, siendo el que se encarga de variar esta proporcionalidad.

## **CAPITULO III.**

### **DESARROLLO**

#### **3.1 Descripción de los principios operacionales de una torre fraccionadora de propano.**

Los líquidos del gas natural (LGN) que provienen de las plantas de extracción llegan a la planta de fraccionamiento a través de dos tuberías. La alimentación se divide simétricamente en dos cabezales principales, uno para los primeros cuatro recipientes y el segundo para los otros cuatro. Estos cabezales se dividen posteriormente antes de llegar a los tanques de almacenamiento de LGN.

La alimentación se distribuye equitativamente en recipientes cilíndricos de almacenamiento llamadas balas, antes de pasar a los trenes de proceso, se requiere este tipo de distribución simétrica a fin de garantizar que todas las balas reciban líquidos al mismo caudal y que cualquier posible remanente de agua se distribuya equitativamente en los tanques de almacenamiento, reduciendo así la posibilidad de entrada de agua a los Trenes de Fraccionamiento.

Entre la funciones principales de los dispositivos de almacenamiento se encuentran la de mantener un nivel óptimo para la alimentación de los tres trenes, como también eliminar las trazas de componentes más livianos que se encuentran en el fluido de alimentación (C1 y C2) provenientes de las plantas de extracción.

La configuración de la balas de alimentación permite operar con una sola alimentación y con todas las balas conectadas mediante un cabezal de igualación de vapor, líquido o agua. Además, las válvulas de aislamiento en los cabezales de igualación permiten que cuatro balas suministren alimentación al Tren de

Fraccionamiento “A”, mientras que el segundo grupo de cuatro balsas suministren alimentación a los otros Trenes de Fraccionamiento. El método de control de nivel permite la operación independiente de las balsas.

A condiciones normales no se espera agua proveniente del producto LGN (el producto de la planta de Extracción estará generalmente seco “bone dry”). Además puede detectarse la presencia temporal de agua en la tubería luego de una prueba hidrostática o de condiciones de falla.

Por todas estas razones, las balsas están provistas de botas para drenar toda el agua presente en forma libre. Una línea de igualación de agua conecta las botas para garantizar la distribución uniforme de agua en el almacenamiento de la alimentación. Posee controladores de nivel que mantienen el nivel de agua al mínimo. Las ocho balsas están provistas de cuatro bombas (una bomba por cada dos balsas), de las cuales dos están en servicio y dos en espera.

El caudal total de la alimentación de LGN se bombea desde las balsas de almacenamiento hacia el sistema de precalentamiento compuesto de cinco intercambiadores de calor en paralelo, este sistema permite la conservación y ahorro de energía, ya que la temperatura relativamente baja de la alimentación de entrada permite subenfriar los productos de la planta antes de enviarlos al área de almacenaje, reduciendo de este modo la energía de refrigeración requerida en el sistema de almacenamiento refrigerado.

Luego que la alimentación ha pasado por el sistema de precalentamiento, llega a la despropanizadora a 186 °F, siendo esta la torre de fraccionamiento más sencilla de la planta desde el punto de vista de diseño y de operación. Esta diseñada para producir propano con una pureza entre (98 y 99) %. Mientras que el producto de fondo constituye la alimentación a la torre desbutanizadora.

La despropanizadora opera a una presión de tope de 255 psig. Los vapores de tope salen a una temperatura de 129°F y 255 psig como vapor saturado, se envían a través de una línea de flujo al condensador de reflujo de la despropanizadora. La tubería de entrada de este enfriador por aire está configurada simétricamente con el fin de asegurar la distribución uniforme del flujo entre sus 12 celdas. Un cabezal recoge de estas celdas el condensado a 124 °F y envía el producto propano al acumulador de reflujo donde una parte es devuelta a la torre como corriente de reflujo y el resto pasa a través de un enfriador de producto propano, algunos vapores de tope se desvían al condensador a través de un desvío de gas caliente en forma controlada para mantener una presión constante de operación de 245 psig en el acumulador. Se a provisto de una bota con válvula manual para drenar cualquier agua que quedase. Las bombas de reflujo de la despropanizadora succionan del acumulador; enviando así el producto a tratamiento (dos bombas se encuentran operando mientras que la tercera está fuera de servicio en calidad de reserva).

Esta relación de reflujo ( $R = L / D = 2.26$ ) se define como la cantidad de reflujo por la cantidad unitaria de destilado que sale del proceso como producto, y nos permite rectificar el nivel de pureza de la corriente de salida, esta reajustada por la temperatura del plato número 17. La línea de recirculación por reflujo mínimo al acumulador a través de las válvulas, situadas en la descarga de las bombas, lo protege de la sobrepresión debido a una condición de descarga bloqueada.

Luego ingresa a los tamices moleculares, con la finalidad de remover las trazas de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), sulfuro de carbonilo ( $COS$ ), mercaptanos ( $R-SH$ ) y agua ( $H_2O$ ) presentes en la corriente. El tratamiento se lleva a cabo en dos lechos de tamices moleculares en cada tren, uno operando mientras que el otro se encuentra en regeneración, este proceso tarda aproximadamente 12 horas por tamiz.

El fondo de la torre fluye por circulación natural al rehervidor el cual es un

intercambiador de calor tipo termosifón horizontal de tubos y coraza, donde se vaporiza aproximadamente el (35 a 45) % del líquido, retornando a la torre por dos líneas. El aceite para calentamiento entra al rehervidor a 490 °F por el lado de los tubos y su flujo está controlado a través del intercambiador. Los productos provenientes de los trenes de fraccionamiento pasan por un sistema que les retira calor y luego van hacia el área de almacenamiento. El almacenamiento de los productos puede ser: refrigerado, presurizado o atmosférico. El almacenamiento refrigerado se utiliza para manejar grandes volúmenes de productos y para transportar por vía marítima grandes volúmenes de líquidos del gas natural, en este caso, la refrigeración se provee con un sistema de lazo cerrado de auto-refrigeración de cuatro etapas con propano. El enfriamiento de las corrientes del proceso se lleva a cabo en intercambiadores de tipo kettle, donde el refrigerante es expandido y vaporizado por el lado de la carcasa; el propano refrigerante (min. 97% molar y contenido de agua no mayor de 0.25 ppm) y es suministrado por la planta de fraccionamiento. En cambio los productos de fraccionamiento con presiones de vapor por debajo de 20 psi, son almacenados en tanques atmosféricos.

Otro de los tipos de almacenamiento es el presurizado en el cual los productos del gas natural, propano, iso-butano, normal-butano, pentano y productos pesados fuera de especificación son almacenados a presión y temperatura ambiente en esferas, para mantenerlos como líquidos. Este sistema de almacenamiento consta de seis esferas de las cuales dos son propano y el resto de los componentes pesados se distribuyen en las restantes cuatro esferas.

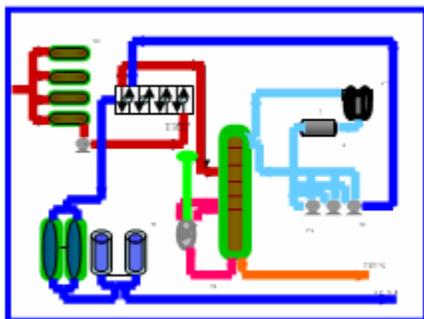


Figura N° 3.1. Diagrama de flujo de la Torre Despropanizadora.

### 3.2 Características de diseño de una torre despropanizadora.

La torre despropanizadora al igual que cualquier torre de fraccionamiento esta constituida por una serie de equipos, los cuales en conjunto nos proporcionan un proceso de separación adecuado. Cada dispositivo presenta características de diseño y de operación particulares, lo que permite su diferenciación.

El LGN al llegar a la planta se almacena en las balas de almacenamiento (**ver figuras 3.2 y 3.3**), los cuales son recipientes horizontales de 128 pulgadas de diámetro interno y 56 pies de longitud, sus condiciones de diseños son de 500 psig y 150 °F. Posee un bota para drenaje de agua de 24 pulgadas de diámetro interno por 4 pies de altura.

Las bombas de alimentación de la planta de fraccionamiento son de doble succión, partidas axialmente y de doble voluta. El caudal de diseño es de 1620 GPM, a presión diferencial 1500 pies (334 psi), NPSH requerido a caudal de diseño 14 pies y potencia del motor 500 HP a 1800 RPM.



Figura N° 3.2. Balas de Almacenamiento de una planta fraccionadora de propano.



Figura N° 3.3. Balas de Almacenamiento

El tren de precalentamiento del LGN consta de 4 intercambiadores de tubos y coraza (**ver figura N° 3.4**), uno es calentado por N butano, con una capacidad térmica diseño de 1.34 MMBTU/ HR, por la carcaza a 190 psig y 220 °F, por los tubos 575 psig y 180 °F de 2 pulgadas y medias de diámetro interno. El calentado por pentano, tiene una capacidad térmica de diseño de 0.27 MMBTU/ HR, por la carcaza a 210 psig y 200 °F, por los tubos 575 psig y 180 °F. El calentado por propano, tiene una capacidad térmica de diseño de 2.61 MMBTU/ HR, por la carcaza a 385 psig y 200 °F, por los tubos 575 psig y 200 °F. El calentado por Iso-butano, tiene una capacidad térmica de diseño de 0.614 MMBTU/ HR, por la carcaza a 190 psig y 200 °F, por los tubos 575 psig y 180 °F.

La alimentación ya pre- calentada entra a la torre fraccionadora (**ver figura N°**

3.5); la cual tiene una altura de 115 pies y un diámetro interno de 150 pulgadas.



Figura N° 3.4. Tren de Pre-Calentamiento de la Planta despropanizadora

Conformada por 50 platos reales, estando ubicada su alimentación en el plato 23; consta de platos de dos pasos en la sección superior y de cuatro pasos en la sección inferior. La inundación de los platos varia desde un 65% en la sección inferior y hasta un 62% en la sección superior. Las condiciones de operación son: **Tope:** 255 psig a 129 °F y **Fondo:** 260 psig a 257 °F. Condiciones de Diseño: 290 psig a 350 ° F. Los platos son de tipo tamiz y sus agujeros tiene un diámetro de 1/2", cada bandeja posee 5826 agujeros en arreglo triangular de 1/2 ".

El acumulador de reflujo o tambor de destilado de la despropanizadora es un recipiente horizontal de 102 pulgadas de diámetro interno y 28 pies de longitud. Las condiciones de diseño, son 290 psig y 124 °F, este esta provisto de una bota de 24 pulgadas de diámetro interno y 4 pies de altura, para el libre decantamiento de agua. (ver figura 3.6).



Figura N° 3.5. Torre Despropanizadora.

El condensador de reflujo de la torre tiene una capacidad térmica normal de 70.334.000 Btu/h, cuenta con un enfriador por aire de 12 celdas con un área de transferencia de 41.250 pie<sup>2</sup> para tubos sin las aletas; para tubos con aletas es de 879.125 pie<sup>2</sup>. Las condiciones de diseño son de 290 psig y 200 °F, el ventilador consta de 24 motores de 30 HP cada uno (**ver figura 3.7**).



Figura N° 3.6. Tambor de Reflujo o Acumulador



Figura N° 3.7. Condensadores

En el caso del rehervidor de la despropanizadora; este se define como un intercambiador de calor tipo termosifón de tubos y carcasa que utiliza aceite para calentamiento el cual pasa por los tubos a 150 psig y 550 °F y por la carcasa pasa el producto de fondo de la despropanizadora, las condiciones de diseño de la carcasa son de 290 psig y 350 ° F. El área de transferencia de calor es de 6.084 pie<sup>2</sup>, y tiene una capacidad térmica normal de 60.820.000 Btu/h (**ver figura 3.8**).



Figura N° 3.8. Rehervidor

La bomba de reflujo de la despropanizadora y su reserva, las cuales le suministran potencia al reflujo proveniente del acumulador son del modelo de etapa simple, partida radialmente, de voluta doble y el impulsor de succión también es doble. El caudal de diseño es de 1503 gpm. La presión diferencial es de 82 psi. EL NPSH disponible es 9 pies. La potencia del motor es 200 HP a 1800 rpm (**ver figura N° 3.9**).



Figura N° 3.9. Bomba de Reflujo

### 3.3 Analizar el sistema de control de una torre fraccionadora de propano.

Una planta de fraccionamiento cuenta con estaciones de operación; son consolas en las cuales el operador puede monitorear la situación global de la planta y tomar alguna acción, si fuese necesario (**ver figura 3.10**). En las estaciones también se puede observar cualquier tipo de alarmas que se hayan configurado y que se encuentren en estado activo. En estas estaciones de operación se puede poner un lazo de control en cualquiera de sus posibles estados: manual, donde el propio operador establece la medida de la acción a tomar; automático, cuando es el controlador básico quien determina esta acción; y cascada, cuando el punto de ajuste es la respuesta del controlador en algún otro lazo.



Figura N° 3.10. Panel de Control en una planta de fraccionamiento.

La evaluación de la filosofía de operación del sistema de control de una torre de fraccionamiento de propano, tiene como propósito explicar un esquema de control donde el operador tenga una referencia de que acción tomar, para evitar problemas operacionales e identificar los riesgos asociados a este tipo de sistemas. Para la operación estable de la despropanizadora es muy importante tener los principios operacionales de la torre, ya que estos son la base fundamental de cómo tienen que funcionar la serie de controladores instalados; cuyo objetivo principal es la de mantener los parámetro críticos en un rango que garantice la estabilidad operacional de la torre.

La alimentación a la despropanizadora proviene de cuatro balas, el método

de control de nivel permite la operación independiente de las balas (**ver figura 3.11**). Sin embargo, el sistema de control incluye un transmisor de presión común (PT) con los controladores de presión para el venteo por separado de las balas, si la presión en el cabezal común de vapor excede 450 psi. Además la incorporación de un segundo transmisor (PT) permite que los otros trenes operen de forma independiente, en un modo de operación distinto y a una presión diferente.

Para minimizar la posibilidad de que salten las válvulas de alivio (PSV), se han suministrado controladores de presión para ventear cualquier vapor durante la condición de falla. También están situada a la entrada de las balas las válvulas de bloqueo las cuales están fijadas en posición abierta para prevenir el aislamiento accidental de la descarga desde las líneas de desvío por flujo mínimo de la bomba o de cabezales de descarga de las válvulas de alivio. Al fijar estas válvulas en posición abierta se protege también la tubería interna de las balas.

También consta de controladores de nivel (LIC) los cuales tienen como objeto mantener el nivel de agua que puede existir en forma libre o en la tubería al mínimo, drenándola por presión al tanque de evaporación de drenaje cerrado.

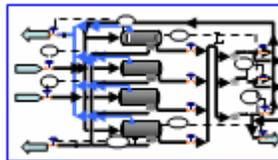


Figura N° 3.11. Sistema de Control en las balas de Almacenamiento.

También consta de controladores de nivel (LIC) los cuales tienen como objeto mantener el nivel de agua que puede existir en forma libre o en la tubería al mínimo, drenándola por presión al tanque de evaporación de drenaje cerrado.

Una condición de alto nivel en cualquiera de las balsas de LGN hace parar la alimentación al cerrar la válvula de aislamiento (XSV). Las balsas de almacenamiento pueden aislarse de los trenes de fraccionamiento mediante de válvulas de Paradas de

Emergencia para casos de incendio (XSV), pudiendo cerrarse desde el panel de control solo en caso de parada total de la planta. Las válvulas cerraran automáticamente solo en caso de incendio en el área.

Cada par de balsas tiene un controlador de nivel (LIC) el cual emite una señal de salida que afectara el valor de ajuste del controlador de flujo de alimentación (FIC). Cuando la presión de descarga de las bombas de alimentación sobrepasa la presión de diseño de todos los intercambiadores de alimentación (**ver figura 3.12**) en los trenes de fraccionamiento se colocan válvulas de alivio aguas abajo de las válvulas de control de flujo para regular el caudal que va a cada tren (FV) y proteger dichos intercambiadores.

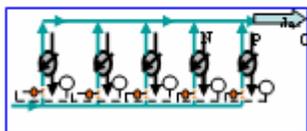


Figura N° 3.12. Sistema de control en el dispositivo de pre- calentamiento.

La presión de operación del acumulador se mantiene, controlando el drenaje de propano a almacenaje mediante un controlador de presión 245 psig (PIC) el cual se encarga de desviar los vapores no condensables calientes directamente desde la línea de tope lo cual permite proteger de la sobre presión al sistema, estos vapores se ventean al mechurrio de servicio. Este controlador funciona en cascada debido a que el (PIC) le fija el punto de ajuste al controlador de nivel 50% y 5 pies (LIC) encargándose este de controlar el nivel de líquido en el acumulador de reflujos.

Un controlador de temperatura 156°F (TIC) ubicado en el plato 17 permite controlar la composición del producto propano, el cual esta fijado a un medidor de flujo a 156°F (FIC) que reajusta el reflujo que va al tope de la despropanizadora (**ver figura 3.13**). El producto propano esta controlado por un medidor de flujo 1200 GPM (FIC) el cual permite proteger a las bombas de la sobrepresión debido a descargas bloqueadas. El aceite para calentamiento entra la rehervidor a 490°F y su flujo esta controlado por un medidor de flujo 1455 GPM (FIC), el controlador se reajusta mediante la señal desde el transmisor de flujo de la alimentación del tren A (FT).

El control de nivel de líquido 50% y 6 pies en el fondo de la despropanizadora, se reajusta mediante la válvula (LIC) la cual esta fijada a un medidor de flujo 965 GPM (FIC) el cual reajusta el flujo del producto de fondo de la despropanizadora.

Con el fin de obtener un producto que cumpla con las especificaciones 98% de pureza de propano es necesario conocer los parámetros de control máximo y mínimo ya que estos son los que determinan el rango optimo de operación de los equipos, de lo contrario se tendría un producto fuera de especificación causando efectos catastróficos al siguiente proceso que es la desbutanizadora y a todo el proceso de fraccionamiento.

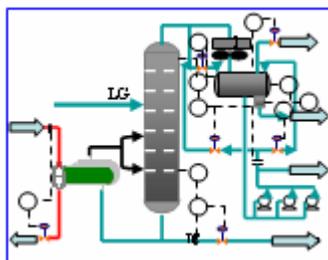


Figura N° 3.13. Sistema de control en el diagrama de flujo de la torre despropanizadora.

### 3.4 Parametros de control máximos y mínimos de la torre

## DESPROPANIZADORA.

Los diferentes equipos que componen el sistema de fraccionamiento, contienen parámetros de control que permiten mantener el funcionamiento óptimo de equipos por medio de las distintas alarmas que nos permiten controlar los puntos máximos y mínimos de las variables de operación, como son; los niveles de líquidos, presión, temperatura, entre otros.

Una vez que llega la alimentación a los balsas de almacenamiento, la alarma LAL se activa cuando el nivel de líquido es bajo, es decir, (5.7%) 3' – 9'', de la misma manera se fija un valor de (90.7%) 8' – 0'' como un nivel alto de líquido en dichos dispositivos de almacenaje, activándose una alarma en la sala de control mediante, LAH. De la misma forma como se mantienen controlados los niveles bajos y altos en las balsas de almacenamiento, también se inspeccionan los niveles muy bajo y muy alto de líquido ubicándose en 1' – 6'' y 9'-6'' respectivamente.

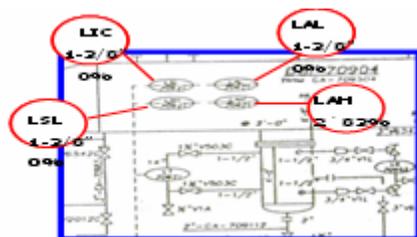


Figura N° 3.14. Indicadores de Nivel en las balsas de Almacenamiento.

De igual forma las botas ubicadas en las balsas de almacenamiento tienen sus puntos de ajuste en un 83 %, 2' – 0'' como un nivel alto de líquido, y un valor de 0 % como un nivel bajo y muy bajo de líquido en este equipo.

La alarma LAH emite una señal a la sala de control cuando el nivel de líquido en el acumulador de reflujo es alto con un valor de 87.5 %, 6' – 6'', como un nivel de líquido bajo en el acumulador su valor se encuentra en un 12.5 %, 3' – 6'',

controlándose por la misma alarma utilizada para controlar el nivel alto en el acumulador, 1' – 6" es un nivel de liquido muy bajo. En el fondo de la torre despropanizadora un valor de 62.5 %, 6' – 6" es visto como un nivel alto de liquido, mientras que un nivel de 3.5 %, 3' – 6" es considerado como un nivel bajo de liquido en el fondo de la despropanizadora, siendo controlado estos niveles por la alarma LAL. Un valor de 280 PSIG es considerado como un valor muy alto de presión dentro de la torre, controlándose por medio del PSDH, el cual emite un a señal de alarma en la sala de control que permite cortar el flujo de aceite caliente por el serpentín. Un alto valor de vibración del condensador de reflujo de la torre despropanizadora se encuentra fijada en un valor de 2 mil RPM.

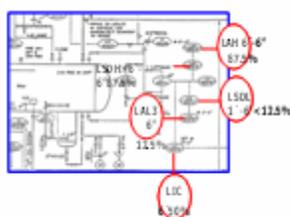


Figura N° 3.15. Indicadores de nivel en el Acumulador de Reflujo.

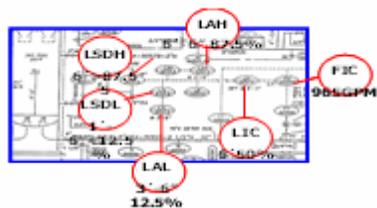


Figura N° 3.16. Indicadores de nivel en la Torre Despropanizadora

### 3.5 Problemas operacionales en una planta fraccionadora de propano.

Entre las variables más importantes que afectan la operación de la columna

tenemos: Presión de la columna, razón de reflujo, temperatura de la carga. La selección adecuada de estas variables mejorara la calidad y cantidad de los productos. El cambio de una de las variables afecta el valor de las otras, de donde se hace importante entender el efecto de cambiar una variable.

Los efectos que pueden ocasionar el cambio de las variables son las siguientes:

### **3.5.1 Presión de la columna:**

Afecta el grado de separación al cambiar la volatilidad relativa, es decir, a mayor presión menor volatilidad relativa y por tanto más difícil la separación. *Por lo cual se*

debe operar a la menor presión posible, para aumentar volatilidad y gastar menos energía en la separación.

### **3.5.2 Reflujo:**

La cantidad de reflujo afecta la calidad del producto y la calidad de la columna ya que aumenta el grado de separación y la carga calorífica de la columna afectando la eficiencia del plato. Excesivo reflujo produce inundación y por ende mala separación en los platos.

Para cambios en la composición de alimentación no apreciables se recomienda mantener la razón de reflujo constante o aumentarla máximo a un 15% de la razón mínima de operación y hacer los ajustes en el rehervidor.

### **3.5.3 Temperaturas de carga:**

Cuando la alimentación entra a una temperatura mayor a la requerida en la entrada de la torre genera exceso de vapores y mayor gasto de energía. Tomando en cuenta las limitaciones en la capacidad de la columna y del condensador: *conviene introducir la carga por debajo de su punto de burbujeo ya que se genere menos vapor en la zona de rectificación.*

### **3.5.4 Variación en la rata de reflujo:**

Cuando los platos se inundan a un porcentaje mayor a un 65% para el tope y 62% para el fondo disminuye la eficiencia de los platos: *Se debe disminuir el reflujo para evitar la contaminación en el producto de fondo ya que existen menos vapores para despojamiento.*

### **3.5.5 Variación en la composición de la alimentación:**

Cuando la alimentación entra fuera de especificación: se debe aumentar un 33% de la razón de reflujo, y bajar la rata de alimentación a la torre hasta darle flexibilidad de manejo a la columna. De la misma manera el aumento de livianos en una torre conlleva a afectar la capacidad de condensación y la presión de la torre, *por lo que en algunos casos es necesario colocar una torre estabilizadora antes para asegurar la pureza del producto.*

### **3.5.6 Funcionamiento inadecuado del rehervidor.**

Burbujeo de película (vapor binding). Puede ocurrir cuando el medio de calentamiento se encuentra a excesiva temperatura o alta densidad de calor, ocasionando formación de una película de vapor que evita la transferencia de calor: *se debe disminuir el suministro de aceite al intercambiador de calor.*

Oleaje (surgin) por taponamiento del espacio entre los tubos: se debe aumentar la cantidad de aceite caliente al rehervidor, para aumentar la vaporización del producto de fondo.

Caída de presión por mal funcionamiento del indicador controlador de presión: *aumentar la carga de aceite al rehervidor.*

Carga excesiva de calor en el rehervidor: *Reducir el flujo de aceite al*

*rehervidor.*

Inundación de la torre se debe a múltiples causas entre las cuales están:

Exceso de líquidos en la alimentación: disminuir el flujo de alimentación a la torre.

Exceso de reflujo proveniente del acumulador: disminuir la cantidad de reflujo que entra a la torre despropanizadora.

Cuando hay baja cantidad de aceite en el rehervidor: aumentar el flujo de aceite para así vaporizar los líquidos que inundan la torre.

Cuando se tiene un producto de tope fuera de especificaciones: enviar este producto a los refrigeradores del patio de tanque en el área de refrigeración.

Cuando hay pérdida de presión en el acumulador, produciendo que las bombas de reflujo caviten: se reinyecta vapores de propano del tope de la torre para reajustar la presión y así evitar la cavitación.

### **3.6 Riesgos asociados a una planta de fraccionamiento de propano y sistemas adicionales que permiten el control de este tipo de situaciones.**

#### **3.6.1 Fuga y fuego de líquido.**

Para el estudio de consecuencias, en el área de almacenamiento de LGN, se analizaran casos de fugas y fuego de líquidos por el fondo de los distintos tipos de tanques utilizados (refrigerados, presurizados y atmosféricos) para almacenamiento.

De acuerdo a un análisis de riesgo realizado para el caso de fugas de líquido

en los tanques se encontraran riesgos mayores por:

- 1.- falla de la válvula de la línea de drenaje.
- 2.- rotura de una brida.
- 3.- Una grieta en la pared del tanque debido a una sobrepresión incontrolada.
- 4.- Perdida de los sellos en equipos rotatorios.
- 5.- Fuego en el tanque acumulador.
- 6.- Entrada de etano en el tanque acumulador.

Al presentarse una fuga en los tanques de almacenamiento los líquidos se convierten de nuevo en gas, el liquido sale en forma de chorro que cae al suelo formando un pozo, evaporándose por la transferencia de calor que proviene del piso y a las condiciones atmosféricas.

Los parámetros ambientales, tales como la temperatura ambiente, velocidad del viento, nubosidad, insolación y lluvias pueden determinar el impacto del escape. Cuando se produce fuga de líquido, la vaporización inicial y el movimiento de las nubes en el ambiente dependen de la característica de la descarga.

Después del proceso de evaporación del líquido, el gas se dispersa o se difunde en la atmósfera con una rapidez que depende de la diferencia de densidad entre la mezcla y el aire circundante, como de la velocidad del viento y de la turbulencia atmosférica.

### **3.6.2 Explosiones.**

Se define como la liberación rápida de gas a alta presión en el ambiente. Pueden ser de tipo:

**Físico:** Producidos por un liquido en ebullición confinado en un recipiente envuelto por un incendio (BLEVE).

**Químico**: Debido a una reacción que libera gran cantidad de calor o grandes volúmenes de gases dando origen a una explosión (UVCE).

### **3.6.2.1 Explosión de una nube de gas no confinada (UVCE):**

Ocurre como consecuencia del escape masivo de un gas o líquido volátil inflamable, en circunstancias en que no se produce la ignición instantánea. En esta situación se origina la formación de una nube de gas / vapor, que al encontrar una fuente de ignición, bajo ciertas condiciones, resulta en una propagación de la llama, lo suficientemente rápida como para generar sobre presiones destructivas. Los límites de inflamabilidad del propano son:

El inferior 2.1 % volumen en el aire, y superior 9.6 % volumen en el aire.

Dentro de estos límites el gas puede encenderse con una fuente de ignición pequeña, fuera de estos no se puede encender la mezcla aun con una fuente de ignición poderosa.

### **3.6.2.2 Explosiones de vapores que se expanden al hervir un líquido (BLEVE).**

La alta presión en el tanque se crea por compresión mecánica del gas, calentamiento del contenido o introducción del gas a alta presión proveniente de otro tanque.

#### **3.6.2.2.1 Peligros debido a un BLEVE.**

1.- Sobrepresión: Se produce por la explosión del vapor en el tanque o por la evaporación violenta del líquido sobrecalentado.

2.- Bola de fuego: Se crea por la expansión violenta y la gran cantidad de vapores producidos y combinados con el fuego y es dispersada en el área en forma explosiva.

3.- fragmentos voladores producidos por la ruptura del tanque; son dispersados por todo el área con tanta presión que puede ocasionar heridas o muerte.



Figura N° 3.17. Explosión de vapores en expansión y líquidos en ebullición. (Bleve).

### 3.6.3 Radiación

#### 3.6.3.1 Tipos de fuegos que se presentarían en una planta de fraccionamiento.

Dependiendo de los diferentes tipos de almacenamiento de productos en una planta se pueden tener las siguientes situaciones:

1.- Fuego de gases: En esta combustión se requiere que el combustible en estado gaseoso, y el aire oxidante estén íntimamente mezclados antes de la ignición. Esta forma constituye el tipo de fuego de nubes de vapor, el cual es generado por un UVCE.

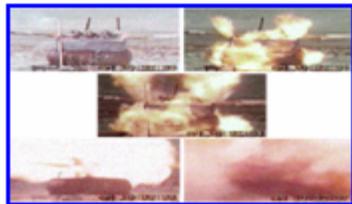


Figura N° 3.18. Explosión de vapores en un tanque de propano. (Bleve)



Figura N° 3.19. Bola de fuego. (Uvce)

2.- Bolas de fuego: Es la combustión de una nube de vapor combustible no confinado en aire. Cuando la nube se enciende inicialmente en su extremo, los gases producidos por la combustión empiezan a ascender, mezclando aire circundante con el combustible no quemado, y así continuara la combustión hasta que se consuma todo el material. Se caracterizan por el diámetro y altura máxima que alcanzan, y el tiempo que transcurre hasta su extinción.

3.- Fuego de líquido en tanques o charco: Es la combustión más simple; se concibe como un fuego en un tanque de líquido sin tapa o como el derrame de un líquido combustible, ocasionando daños a vidas y propiedades. Este riesgo se presenta en los tanques refrigerados de propano.

El conocer la radiación causada por escenarios potenciales de fuego es muy útil para planificar estrategias de ataque del incendio, para determinar si es posible aproximarse o no; y de ser posible, cuan cerca puede llegar el personal y el equipo; y por consiguiente que equipos y estrategias deberían emplearse en un plan de emergencia.

Las radiaciones térmicas producidas por incendios de propano pueden provocar daños significativos tanto a las personas como a las propiedades de la planta.

#### **3.6.4 Soluciones a este tipo de situaciones.**

Todo proceso industrial requiere de normas de seguridad para evitar este tipo de situaciones, es por ello que se hace necesario:

Realizar mantenimiento preventivo a todos los equipos de la planta.

Crear conciencia a todo el personal que labora en la planta de la importancia que tienen los sistemas de control, ya que a través de ellos se pueden controlar las variables y mantenerlas dentro de los parámetros óptimos de control. Usar los implementos de seguridad tales como: guantes, botas, cascos, lentes y bragas.

## **CAPITULO IV.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones.**

La cromatografía enviada por la planta de extracción debe estar entre los parámetros específicos de la planta de fraccionamiento para evitar así los problemas operacionales.

El coeficiente de reflujo debe estar entre el rango optimo para evitar que el producto de tope salga de especificación.

Toda planta de fraccionamiento tiene que contar con sistema de control automatizado para garantizar un producto de calidad.

Una mala interpretación de las variables de control ocasiona efectos catastróficos en la torre despropanizadora y a su vez a todo el proceso de fraccionamiento.

Las condiciones de almacenamientos de los líquidos en los tanques refrigerados va a depender de su punto de ebullición a la presión atmosférica.

En la fuga de líquidos los parámetros ambientales juegan un papel importante ya que determinan el impacto del escape.

## **4.2 Recomendaciones**

Tener un plano con las variables de control más importantes ya que son muchos controladores para así familiarizarse con el sistema.

Utilizar todos los implementos de seguridad tales como: guantes, botas, lentes, bragas.

Mantener buena comunicación con el panelista y revisar los manómetros de control y mantenerse lejos de las líneas.

## BIBLIOGRAFIA

M. Luzardo, **“Evaluación de los refrigeradores de carga de propanos y butanos a muelle”**, Tesis de Grado, escuela de Ingeniería Química, UDO, Puerto la Cruz(Septiembre 1998).

M. Ydrogo L., **“Evaluación de consecuencias de riesgos en el área de Almacenamiento de Jose”**, Tesis de grado, escuela de Ingeniería Química, UDO, Puerto la Cruz(Junio 1990).

L. Guapache R., **“Evaluación del comportamiento del sistema desbutanizadora-separadora de Butanos, durante la puesta en servicio del tren “A” de la planta de fraccionamiento y despacho Jose”**, Tesis de Grado, escuela de Ingeniería Química, UDO, Puerto la Cruz (Febrero 2005).

Manual de Operaciones Volumen I, **“Proyecto Criogénico de Oriente Venezuela área de almacenamiento y refrigerio”**,(Septiembre 1984).

V. González M., **“Desarrollo de un esquema de control para una fraccionadora de gasolina”**, Tesis de Grado, escuela de Ingeniería Química, UDO, Puerto la Cruz(Septiembre 1990).

Wikipedia.com.org. **“Propano”**, [www.es.wikipedia.com.org/wiki/propano](http://www.es.wikipedia.com.org/wiki/propano) (2005).

Monografías.com, **“Hidrocarburos, gas Natural”**, [www. Monografías. com/trabajos11/vepeme/vepeme.shtml](http://www.Monografías.com/trabajos11/vepeme/vepeme.shtml) –53-15(2005).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

TÍTULO	Evaluación de la filosofía de operación del sistema de control de una torre fraccionadora de propano(C3).
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Briceño F., Yeison L.	CVLAC: 15.416.330 E MAIL:
Matheus., Deidamia J.	CVLAC: 10.837.459 E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Despropanizadora\_\_\_\_\_

Filosofía\_\_\_\_\_

Control\_\_\_\_\_

Especificaciones\_\_\_\_\_

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Química

## RESUMEN (ABSTRACT):

Una torre despropanizadora esta diseñada para producir propano (constituyente principal del LGN) con una pureza de 98%, Si esta pureza se ve afectada se puede decir que el producto sale fuera de especificaciones. En muchas ocasiones la cromatografía juega un papel muy importante ya que permite a la planta de fraccionamiento conocer los porcentajes por separado de cada uno de los componentes de la corriente de gas proveniente de la planta de Extracción, ayudando así a evitar problemas operacionales en las torres de fraccionamiento. Los líquidos del gas Natural son fraccionados en sus componentes individuales: iso-butano, normal butano, pentano, gasolina natural y corte pesado.

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

## CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
<b>Avendaño P., Ivelia C.</b>	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:	8.024.255			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
<b>Briones C., Mario F.</b>	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	14.763.145			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Rondón C., José J.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.328.657			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
<b>Fariñas G., José G.</b>	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.341.732			
	E_MAIL				
	E_MAIL				

## FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2007	08	03
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
<b>TESIS. EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE OPERACIÓN DEL</b>	<b>APPLICATION/MSWORD</b>
Sistema de control de una torre fraccionadora de	
Propano.doc	

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F  
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v  
w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: *Ingeniero Químico.*

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: Pregrado.

ÁREA DE ESTUDIO: Departamento Ingeniería Química

INSTITUCIÓN: Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****DERECHOS**

\_\_De acuerdo al artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado:\_\_

“Los Trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo; el cual lo participará al Consejo Universitario”.

**AUTOR**

Briceño Fajardo, Yeison Luis

**AUTOR**

Matheus, Deidamia Josefina

**TUTOR**

Isvelia Avendaño

**JURADO**

Mario Briones

**JURADO**

José Rondon

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**

Alexis Cova