



FILTRACIÓN EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE GAS CON AMINAS

Ramón A. Charras – Verónica E. Agarihiga
DARNELL ENGINEERING DEL PLATA S.A.

ABSTRACT:

Una de las variables más importantes para obtener una operación eficiente de una Planta de Tratamiento de Gas con Aminas, es diseñar la misma con un óptimo Sistema de Filtración. Existen, cuatro puntos críticos de la Planta, donde se requiere una eficiente Filtración de las corrientes de líquido y/o gases de la planta, a saber:

- 1.- Corriente de Gas Ácido, que ingresa a la Unidad
- 2.- Corriente de Gas Tratado, que sale de la Unidad
- 3.- Corriente de Amina Rica, que sale de la Columna de Absorción
- 4.- Corriente de Amina pobre, que ingresa a la Columna de Absorción

La Filtración adecuada de cada una de estas corrientes, garantiza la máxima eficiencia de la Amina y una operación “libre de problemas” de la Unidad, además de optimizar el consumo de energía y el costo de Mantenimiento de los equipos de la Unidad, como así también de los que se encuentren aguas abajo de la misma.

INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes claves en el diseño de una Unidad de Endulzamiento con Aminas, es la instalación de un buen SISTEMA DE FILTRACIÓN de las corrientes de gas y/o líquido, que asegure una operación eficiente.

Para que el funcionamiento de la planta sea el óptimo, debe tenerse en cuenta el pre-tratamiento y separación del gas que ingresa a la Unidad de Tratamiento. Muchos de los contaminantes que disminuyen el rendimiento de la Amina, ingresan a la planta acompañando al gas ácido que ingresa. La experiencia indica que, para asegurar una operación de una PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS CON AMINAS “libre de problemas”, es muy importante la filtración del gas a procesar antes de ingresar a la Unidad.

Asimismo, es necesario, separar la Amina que arrastra el “Gas tratado o dulce” que deja la Unidad, para evitar problemas de corrosión en los equipos aguas debajo de la Unidad y optimizar el consumo de Amina. A tal efecto, debe instalarse un eficiente Filtro/coalescedor en la corriente de “Gas tratado”.

De la misma manera, debe instalarse un eficiente Sistema de Filtración de la Amina. Una Amina, libre de contaminación, opera con mayor eficiencia.



PROCESO DE ABSORCIÓN CON AMINAS:

1.0 Definición:

El proceso de Tratamiento del Gas Natural con Aminas, consiste en la reducción o eliminación del contenido de gases corrosivos que contiene el gas, tales como: H_2S (Ácido sulfhídrico) o CO_2 (Ácido carbónico).

2.0 Términos Técnicos:

Para una correcta comprensión del Proceso, se indican a continuación, términos técnicos que se utilizarán en la descripción:

GAS ACIDO: Gas natural que contiene componentes corrosivos, tales como H_2S (Ácido sulfhídrico), mercaptanos (compuesto de azufre) y/o CO_2 (ácido carbónico)

GAS DULCE y/o TRATADO: Gas natural, con un contenido de compuestos corrosivos máximo, definido por el Ente que regula la calidad del Gas de Venta. En nuestra legislación los valores admisibles son: a) contenido máximo de H_2S : 2 ppmV y CO_2 : 2 % molar.

SOLUCION DE AMINA: Solvente utilizado en el proceso. Los tipos de Amina utilizados son MEA (Amina primaria, concentración máxima recomendada 15 % en peso), DEA (Amina secundaria, concentración máxima recomendada 30 % en peso) , DGA o MDEA (Amina terciaria, concentración máxima recomendada 50 % en peso) y/o Solventes formulados, con base de Amina terciaria, fabricada por reconocidos fabricantes tales como: Hunstman, Union Carbide o Dow Chemical.

AMINA RICA: Corriente de Amina que deja la Columna Absorbedora

AMINA POBRE: Corriente de Amina que ingresa a la Columna Absorbedora

COLUMNA ABSORBEDORA: Columna con internos, tipo platos y/o rellena, donde se ponen en contacto al Gas Ácido con la Amina pobre, para disminuir el contenido de componentes corrosivos del gas, mediante un proceso de absorción (transferencia de compuestos corrosivos desde la fase gas, - Gas ácido -, a la fase líquida, - solución de Amina pobre -.)

COLUMNA REGENERADORA. Columna con internos tipo platos y/o rellena, donde mediante un proceso de calentamiento, se eliminan los componentes ácidos de la Amina rica, para producir por el fondo de la misma una solución de Amina pobre.

3.0 Breve Descripción del proceso: (Ver Flow-sheet adjunto)

El Gas Ácido que ingresa a la Unidad, pasa primero a través de un Filtro Separador, - PECO modelo 75H, equipado con elementos filtrantes modelo PCG, 100 % de material poliéster o PECO modelo Gemini PuraSep, equipado con elementos filtrantes/coalescedores modelo PGC -. Si el gas arrastra líquido “libre” y/o existe la posibilidad de formación de SLUGS, se instala aguas arriba del Filtro Separador, un Separador Gas/líquido, - Separador PECO modelo 95V, con internos tipo Vane o Ciclotubo -.



A continuación, el Gas Ácido, ingresa a la Columna de Absorción, donde se pone en contacto con la solución de Amina, la cual elimina y/o absorbe los componentes ácidos del Gas Natural. El Gas Dulce, abandona la Columna de Absorción, por el tope de la misma.

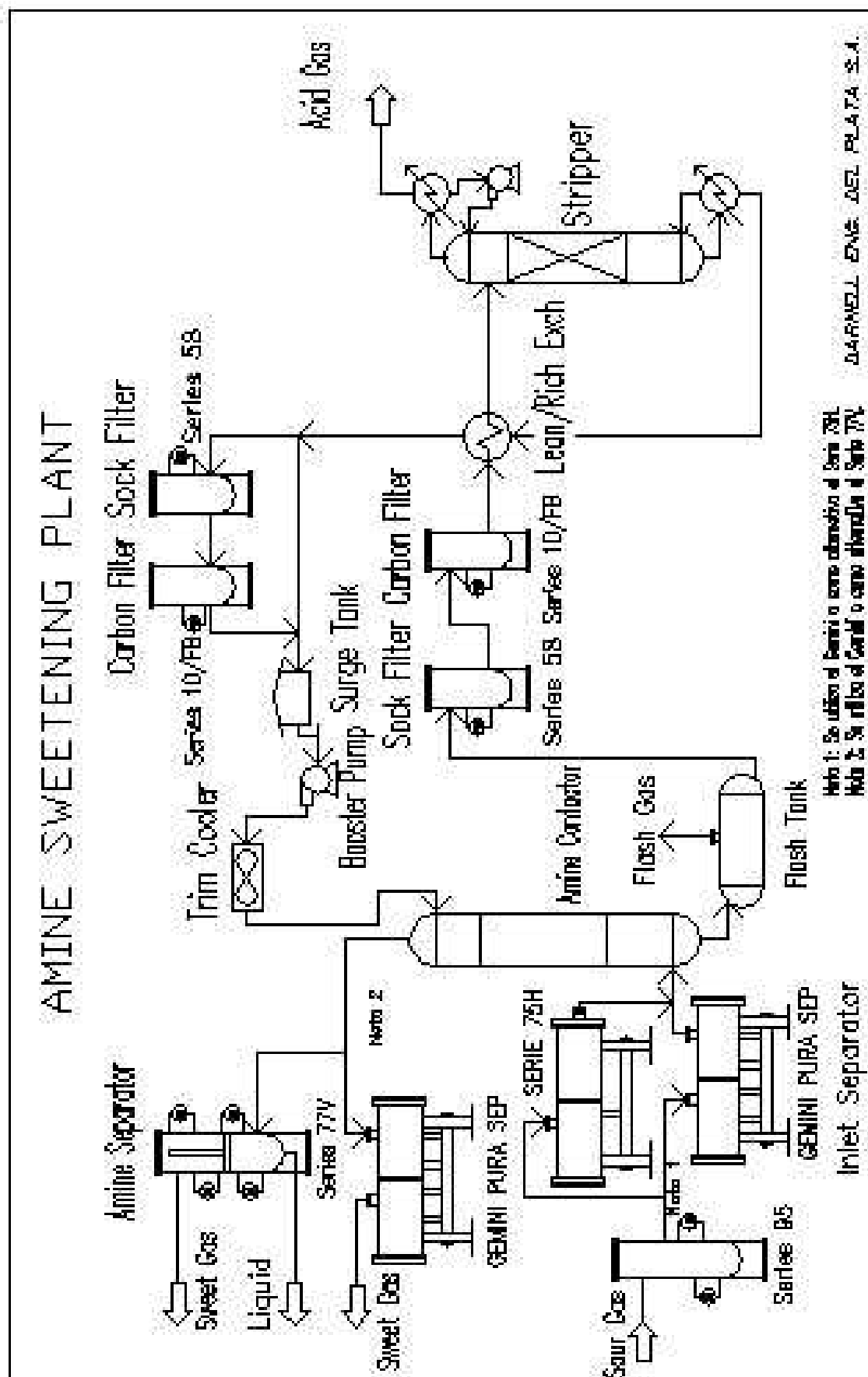
Para recuperar las trazas de Amina pobre que pudiera ser arrastrada por el Gas dulce, se instala un Filtro Coalescedor, equipado con elementos coalescedores de nieblas finas. Recomendado: Filtro/Coalescedor PECO modelo Gemini PuraSep, equipado con elementos filtrantes/coalescedores modelo PGC o PECO modelo 77V, equipado con elementos coalescedores NGGC -.

La Amina Rica que sale por el fondo de la Columna Absorbedora, pasa a través de un Tanque Flash donde el gas absorbido por la misma, es evaporado. El Tanque Flash cumple dos funciones: a) prevenir el flujo bifásico en la corriente de Amina rica a regenerar; y b) minimizar la cantidad de hidrocarburos que debe retener el Filtro de Carbón Activado.

La Amina rica, antes de ingresar al Intercambiador de Calor Amina Rica / Amina Pobre, debe ser filtrada para eliminar sólidos suspendidos y trazas de hidrocarburos, con un sistema constituido por un filtro de sólidos, - PECO modelo 58, equipado con elementos filtrantes PEACH PPL -, y aguas abajo un Filtro de carbón activado, - PECO Serie 10 (canister) o 10FB (bulk carbón) -, ambos, de “flujo total”.

A continuación, la Amina rica es precalentada, intercambiando calor con la corriente de Amina pobre caliente, que sale de la base de la Columna Regeneradora, e ingresa a la misma por el tope. Allí son separados los gases ácidos de la Amina rica, convirtiéndola en Amina pobre.

NOTA: Como una ALTERNATIVA, al Sistema de Filtración “full flow” de la corriente de Amina rica indicado, se puede instalar en la corriente de Amina pobre un Sistema de filtración, “de flujo parcial” constituido por un Filtro de Sólidos similar, - PECO modelo 58, equipado con elementos filtrantes PEACH PPL -, y un Filtro de carbón activado, - PECO Serie 10 (canister) o 10FB (bulk carbón) -, los mismos se instalarán, aguas abajo del Intercambiador Amina Rica / Amina Pobre, para asegurar así, la pureza de la Amina pobre y optimizar su rendimiento en la Columna Absorbedora.





4.0 PUNTOS CRÍTICOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:

De la descripción anterior puede notarse que los puntos críticos son cuatro, como sigue:

1. Entrada del Gas Ácido a la Planta
2. Salida del Gas Dulce o Tratado de la Planta
3. Salida de la Amina Rica desde la Columna Absorbedora
4. Entrada de Amina Pobre a la Columna Absorbedora

La presencia de contaminantes en estos puntos, genera comúnmente los siguientes problemas:

- a. Formación de Espuma en las Columnas de Absorción y Regeneración de Amina, lo cual produce las siguientes consecuencias:
 - Pérdida de solvente
 - Gas tratado, fuera de especificación
 - Bajas velocidades de contacto en la Columna absorbadora
 - Daño de catalizadores en Unidades de recuperación de azufre
- b. Daños termodinámicos en el equipamiento:
 - Ensuciamiento del condensador de Amina
 - Ensuciamiento e ineficiencia del Intercambiador Amina Rica / Amina Pobre
 - Corrosión sobre superficies calientes
 - Sobre-calentamiento y posibles fallas en el Reboiler
- c. Aumento de los costos de operación y mantenimiento:
 - Disminución de la vida útil de elementos filtrantes de Amina
 - Agotamiento prematuro del carbón activado
 - Incremento del consumo de Amina debido a las pérdidas
 - Mayor consumo de energía
 - Formación de sales estables a la alta temperatura
 - Fluctuación del pH de la Amina, por la formación de compuestos ácidos

5.0 TECNOLOGIA DE FILTRACIÓN / SEPARACION:

Introducción:

Los siguientes parámetros deben tenerse en cuenta para interpretar la tecnología de Separación y Filtración.

A.-Existen cuatro tipos posibles de contaminantes

- Sólidos
- Líquidos
- Gases
- Semi-Sólidos / Semi-Líquidos (Slugs, espuma, geles)



B.- Cuatro mecanismos son de aplicación para la Separación por Filtración

GRAVEDAD ESPECIFICA: La separación se produce por diferencia de densidad.
Los factores más importantes que afectan la separación son:

Tamaño de la partícula

Partículas grandes (100.000 a 1.500μ): Separación por Ley de Newton.

Partículas medianas (1.500 a 100μ): Separación por Ley Intermedia.

Partículas pequeñas (100 a 3μ): Separación por Ley de Stokes.

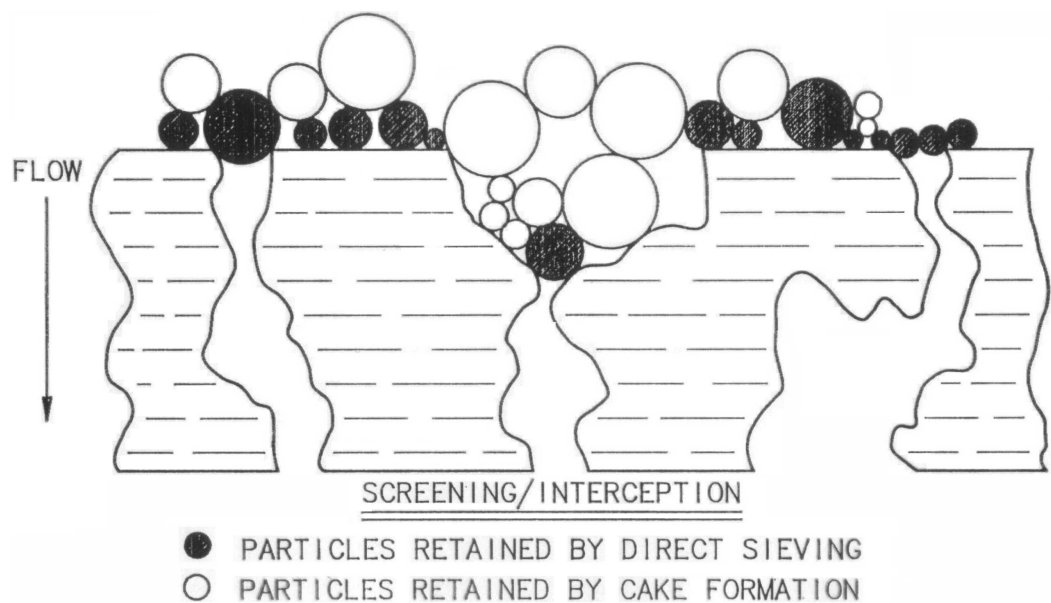
Las partículas menores de 0.1μ (con mov. Browniano) no se separan por gravedad.

Diferencia entre la densidad de las partículas y la del fluido continuo

BARRERA MECANICA:

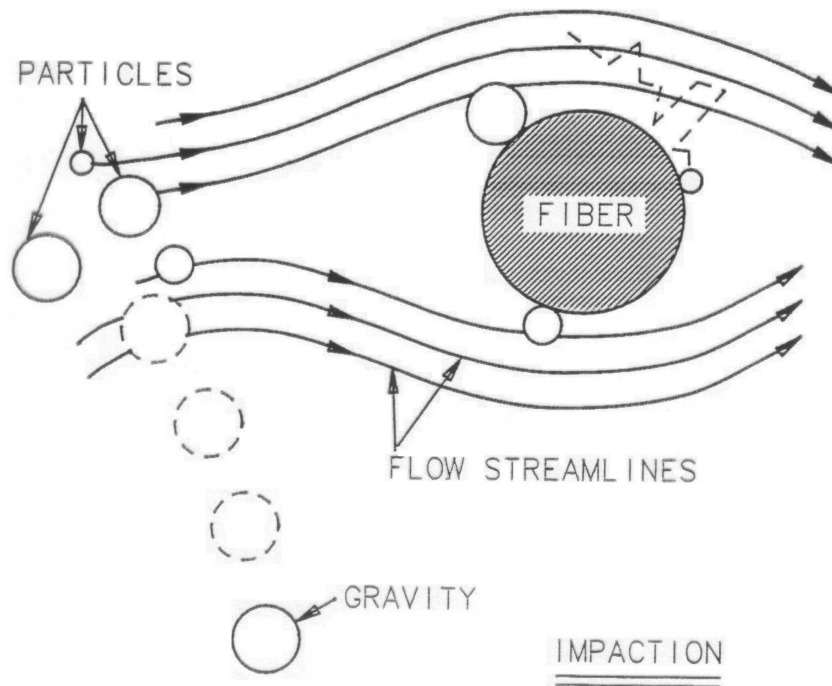
a) Intercepción Directa o Malla metálica:

Este es el mecanismo primario para la remoción de sólidos y está basado en el tamaño de las partículas. Se forma una “torta” sobre el medio filtrante (filtro de torta).



b) Impactación Inercial:

Las partículas entran en contacto con el medio, la energía cinética es reducida por las colisiones. Las partículas se adhieren a la superficie de la fibra o caen debido a la fuerza gravitacional. Por este mecanismo pueden captarse las partículas con movimiento Browniano.

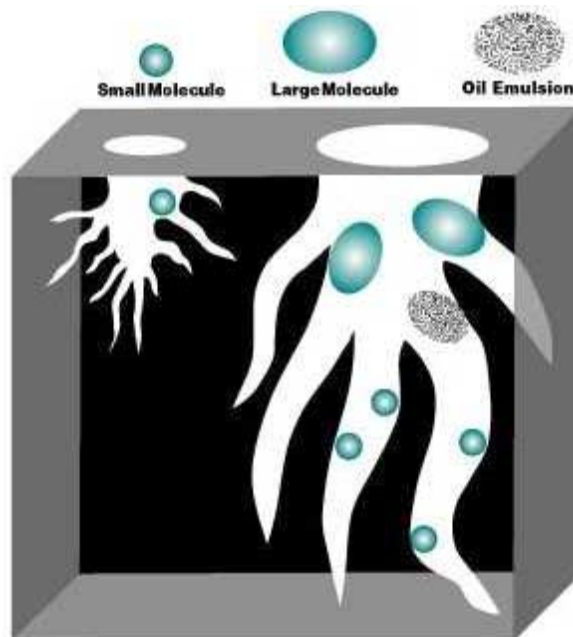


FISICO-QUIMICA:

Usa la química de las partículas como principio de separación. La filtración puede realizarse mediante los siguientes mecanismos Físico-Químicos,

a) Adsorción con Carbón activado:

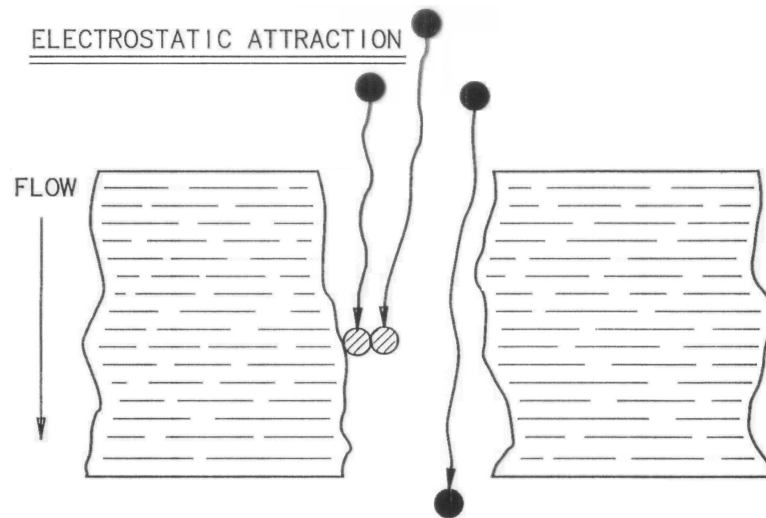
Las partículas a ser eliminadas se pegan a la superficie del adsorbente. El carbón activado tiene un área superficial de 900 m² por gramo.





b) Atracción Electrostática:

Este mecanismo se basa en la carga negativa de las partículas. Esta carga se forma sobre la superficie de la fibra.

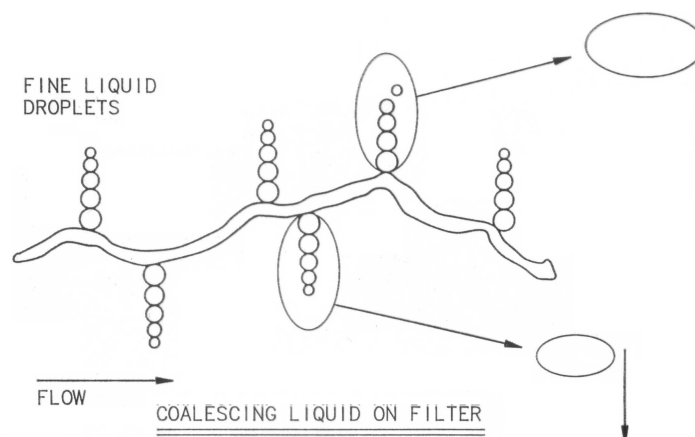


c) Atracción / Repulsión:

Se basa en la diferencia de polaridad de las moléculas de las partículas y el medio. El agua es polar, los hidrocarburos normalmente son no polares, y los medios exhiben diferentes características.

COALESCENCIA:

Este mecanismo se basa en la aglomeración de las partículas de líquido. Las partículas aglomeradas tienden a desarrollar la menor área posible (coalescen) y al tener mayor tamaño caen más fácilmente.





Los mecanismos de la Coalescencia de partículas son:

- Impactación Inercial
- Interacción Electrostática
- Interacción Hidrofóbica-Hidrofílica
- Uniones Hidrógeno
- Fuerzas de Van der Waals
- Cohesión
- Adhesión

La coalescencia se ve afectada por:

- Diferencias físicas entre el contaminante y el fluido continuo
- Similitudes químicas entre la superficie del medio coalescedor y el contaminante
- Composición y Densidad del medio
- Velocidades fluido-contaminante

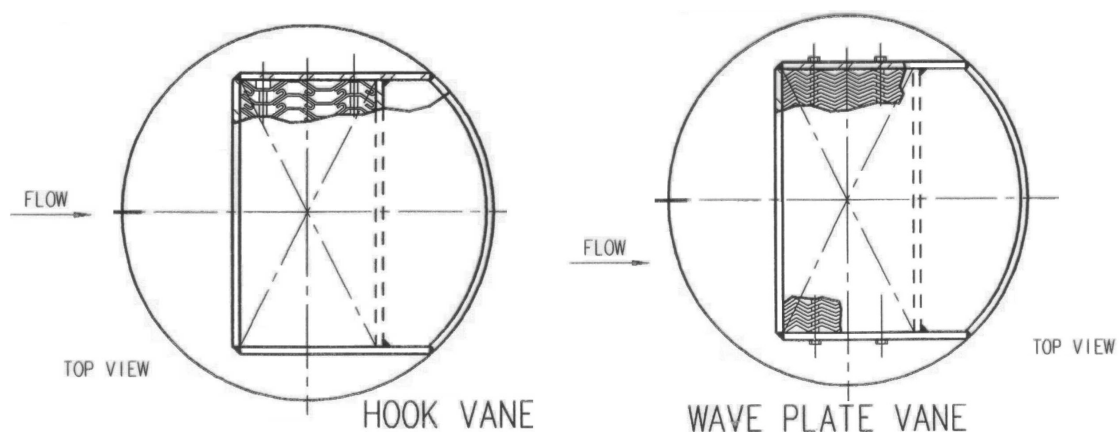
Dispositivos de Separación:

A.- Demister

Este dispositivo separa mediante impactación inercial, coalescencia y gravedad. Industrialmente se utiliza tanto en configuración horizontal como vertical. No es aplicable para separar sólidos.

B.- Vane

Existen dos tipos: Hook Vane
Wave Plate Vane

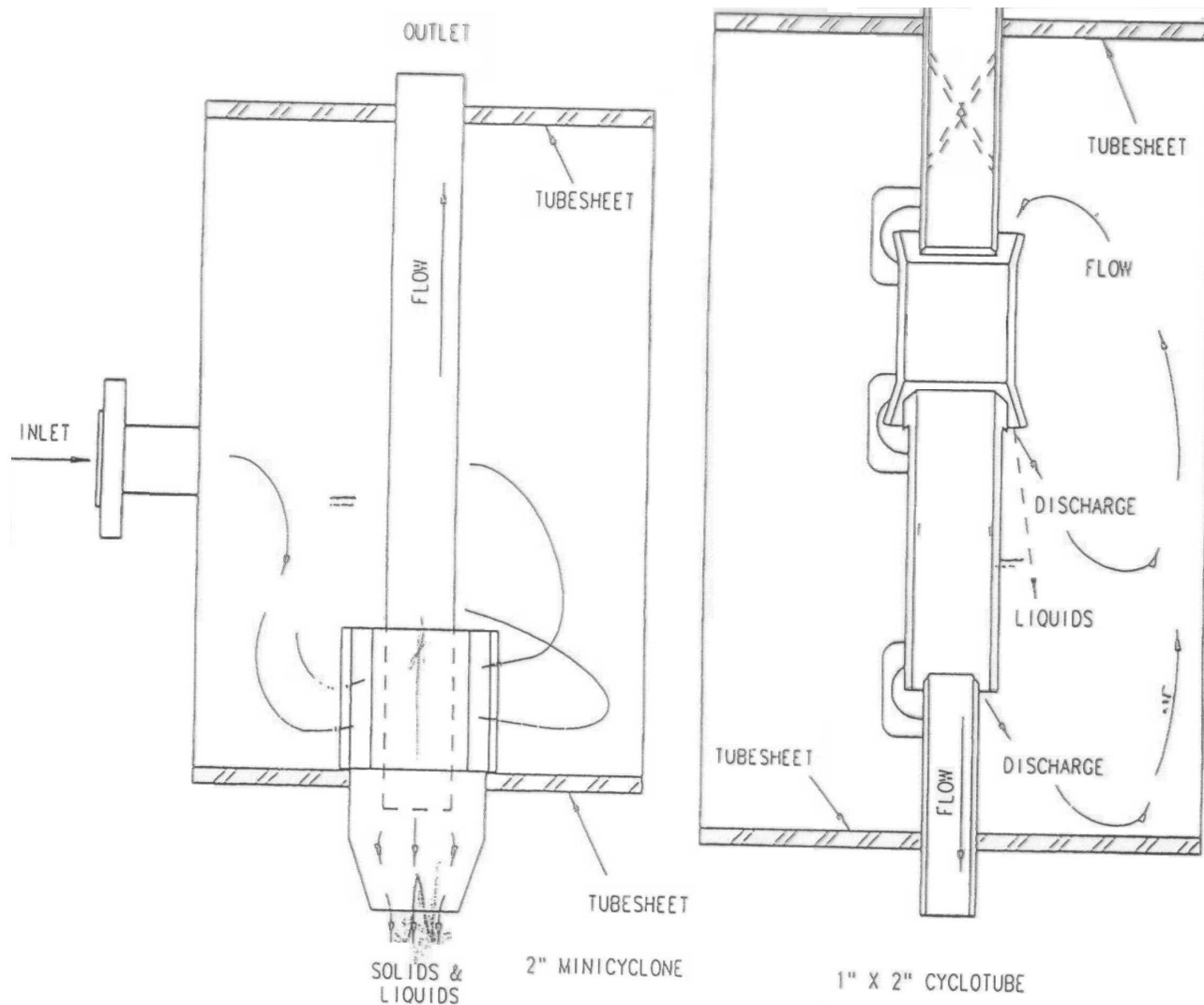


Este dispositivo utiliza los mecanismos de impactación inercial y gravedad. El tipo Hook Vane tiene menor capacidad que el Wave Plate Vane, pero es mejor para líquidos de tipo reptante. Este tipo de separador no es aplicable para eliminar sólidos.



C.- Ciclónico

Puede ser ciclotubos o mini-ciclón. Utilizan la gravedad amplificada con la fuerza centrífuga. Son muy eficientes en la eliminación de sólidos y líquidos. No eliminan sólidos secos.



La elección del tipo de eliminador de niebla se hace de acuerdo al tipo de contaminante.

Tipo Dispositivo	Tipo de Contaminante	Eficiencia (Gotas de Liq.)	Rango de Operación
DEMISTER	• Hidrocarburos • Agua	98% $>10\mu$	25-100%
VANE	• Hidrocarburos	98% 8 a 10μ	10-100%



	Liq. • Agua		
CICLOTUBO	• Aceite Lubricante • Glicol • Parafinas • Agua Salada • Asfaltinas	25° 98% >8 μ	25-100%
		30° 98% >3 μ	
MINI-CICLONES	Sólidos Secos (Libres de Liq.)	98% >8 μ	33-100%

Modelos de Filtración de sólidos:

Existen dos (2) modelos de filtración,

- **De Superficie**

Todas las partículas retenidas se extienden sobre la superficie aguas arriba del medio. Principalmente utiliza mecanismos que involucran intercepción directa o screening. En forma inmediata pueden observarse dos efectos:

1. El tamaño del poro del medio filtrante es gradualmente reducido
2. Comienza a crecer sobre la superficie del medio filtrante, un lecho o “torta” de partículas atrapadas.

- **De Profundidad**

Las partículas son eliminadas a través del espesor de la matriz de los medios filtrantes. Usa tanto intercepción directa a través del elemento, por graduación de la densidad de los medios del filtro, como impactación inercial; puede involucrar mecanismos físico-químicos. Captura partículas más pequeñas que el poro o el tamaño del canal. Es muy eficiente en la eliminación de partículas que son sensibles al corte.

Ensayos de Medios y Elementos Filtrantes:

A.- Permeabilidad: es una medida del caudal de fluido del medio o elemento. Existen dos tests de permeabilidad,

- Ensayo de Punto de Burbuja
- Prueba de Frazier

B.- Consistencia: esta basado en el peso del elemento

C.- Rendimiento: un elemento filtrante es testado como sigue,

- Caída de presión: Se determina las curvas a) Caudal vs., caída de presión a través del elemento y b) Caída de Presión vs. tiempo.



- Eficiencia de Filtración: Los elementos filtrantes se clasifican de acuerdo a su rango de micronaje, y pueden ser de:
 - ❑ Rango Nominal
 - ❑ Rango Absoluto

Definiciones, que determinan la Eficiencia de un Filtro:

- a) Eficiencia = Total de partículas eliminadas o retenidas / total de partículas alimentadas.
- b) Relación β = Número de partículas que ingresan al elemento / número de partículas corriente abajo del elemento.

La “Eficiencia” se refiere a todas las partículas de un cierto tamaño o mayor, y la “Relación β ”, en cambio se refiere a un determinado tamaño de partícula.

$$\text{Eff. (\%)} = 100 * \frac{(\text{Part. Corriente Arriba} - \text{Part. Corriente Abajo})}{\text{Partículas Corriente Arriba}}$$

$$\beta = \frac{\text{Partículas Corriente Arriba}}{\text{Partículas Corriente Abajo}}$$

Partículas Corriente Abajo

Relación de Eficiencia a Relación β :

$$\text{Eff. (\%)} = 100 * \frac{(\beta - 1)}{\beta}$$

6.0 SEPARADORES Y FILTROS EN PLANTAS DE AMINA:

Introducción:

Indicaremos a continuación los equipos recomendados por PECO, para una correcta Separación y Filtración en Plantas de Amina. Los equipos propuestos están equipados con Separadores de niebla y/o elementos filtrantes y coalescedores, fabricados con su revolucionaria tecnología de elementos “PEACH” (**P**eco **E**ngineered **A**ppplied **C**onical **H**elix): Elementos filtrantes y/o coalescedores fabricados 100 % de material sintético: Poliéster y/o Polipropileno.



NGGC
Gas Coalescer



PPL / P90
Liquid Element



PGC
Gemini Element



PCHG
Gas Element

Filtros y Separadores:

A.- PRE-TRATAMIENTO DEL GAS ACIDO DE ENTRADA:

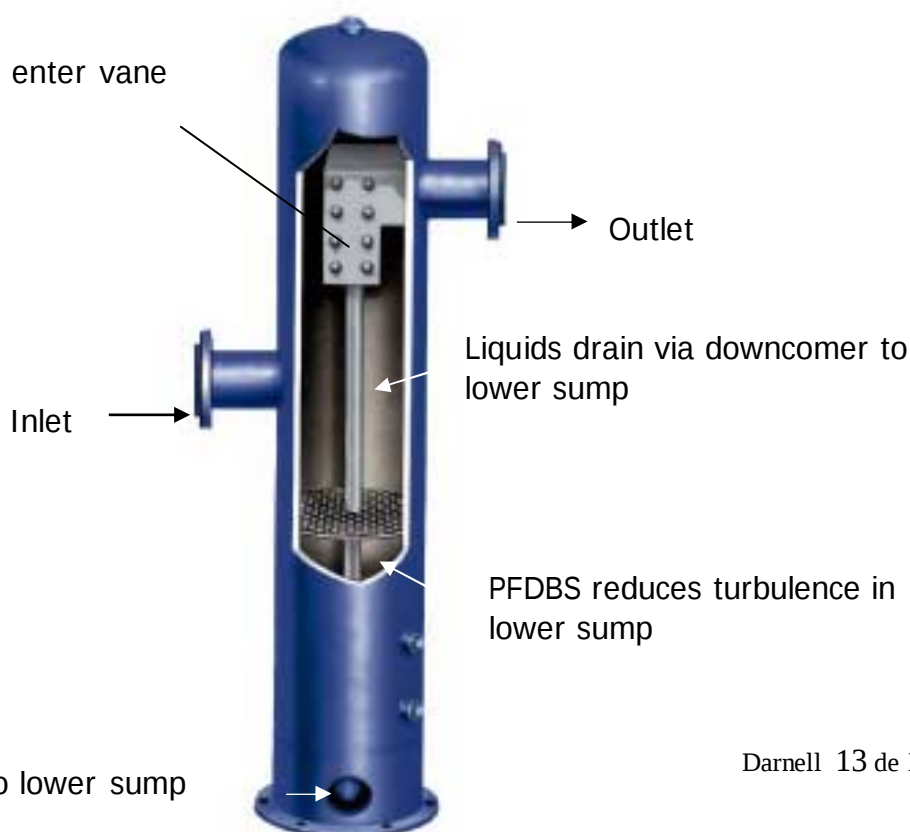
Se considerara el caso de un gas que contiene, liquido libre o es posible la formación de slugs,

a) Separador de líquidos:

Para eliminar los SLUGS o liquido libre de la corriente de gas, se recomienda la instalación de un Separador Gas /liquido, modelo 95V equipado con internos Tipo VANES o CICLOTUBOS.

(se utilizara uno u otro tipo de internos según el tipo de contaminante). La cámara inferior del equipo se diseña para el volumen de liquido “libre” y/o “slug” arrastrado por el gas..

Gas and entrained liquids enter vane



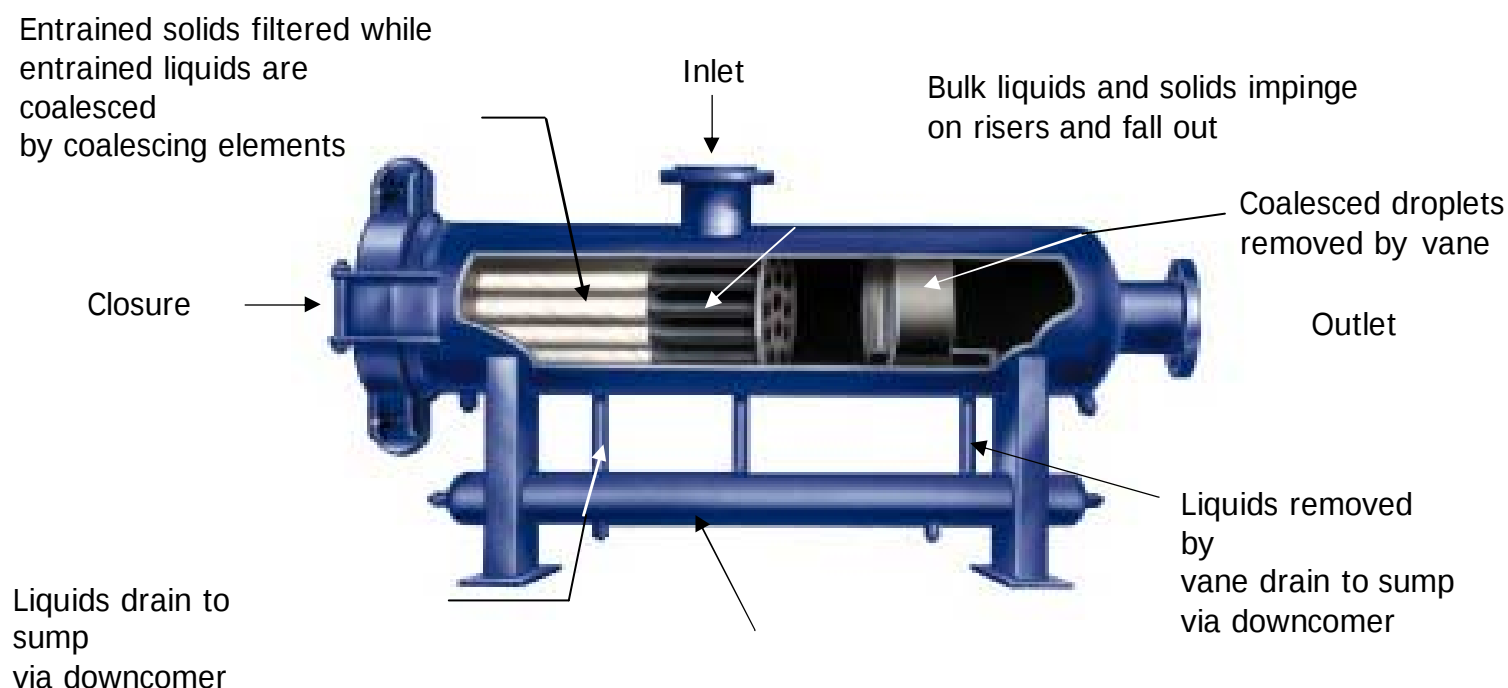


b) Filtro/Separador:

A continuación del Separador 95V, se instalara un Filtro/Separador, para separar la niebla de hidrocarburos y sólidos que acompaña al gas. Dos opciones se recomiendan según el tipo de contaminante como sigue,

- La niebla de líquidos que acompaña al gas, esta constituida por partículas de tamaño superior a un micrón (niebla de hidrocarburos y/o agua).

Se recomienda la instalación de un Filtro/Separador modelo 75 (horizontal o vertical), equipado con elementos filtrantes PEACH modelo PCHG, en primera etapa separación y un eliminador de niebla tipo Vane o Demister en segunda etapa. Este equipo separa sólidos y líquidos hasta tamaños de partícula de 1 micrón con eficiencia de 99.98 %.



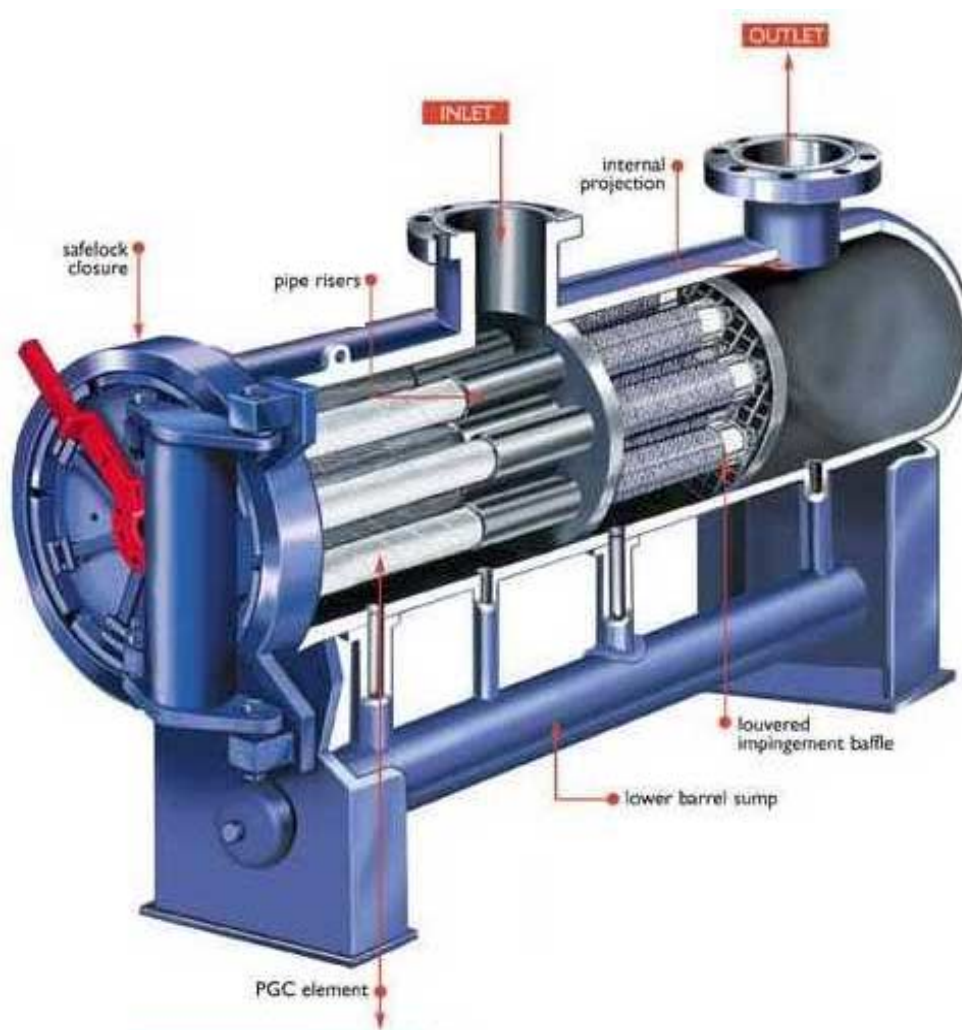
Series 75H-WP

- La niebla de líquidos que acompaña al gas esta constituida por partículas sub-micrónicas, (niebla típica de aceite de lubricación, formada en gases que provienen de una Planta compresora).

Se recomienda la instalación de un Filtro/Separador modelo GEMINI, - tecnología de ultima generación de aplicación en la Industria del Gas -, equipado con elementos filtrantes / coalescedores, PEACH, 100 % de material poliéster, modelo PGC. En la primera etapa el filtro, separa las partículas sólidas de 1 micrón y superiores y produce la primera coalescencia de partículas liquidas de tamaño hasta 1 micrón, en la segunda etapa (flujo reverso), se produce un “segundo efecto coalescente” de particulas liquidas de tamaño hasta 0.3 micrones y filtración de partículas sólidas desde 0.3 micrones. De esta forma este equipo produce la



separación de partículas sólidas y líquidas de 0.3 micrones y superiores con una eficiencia de 99.98%.



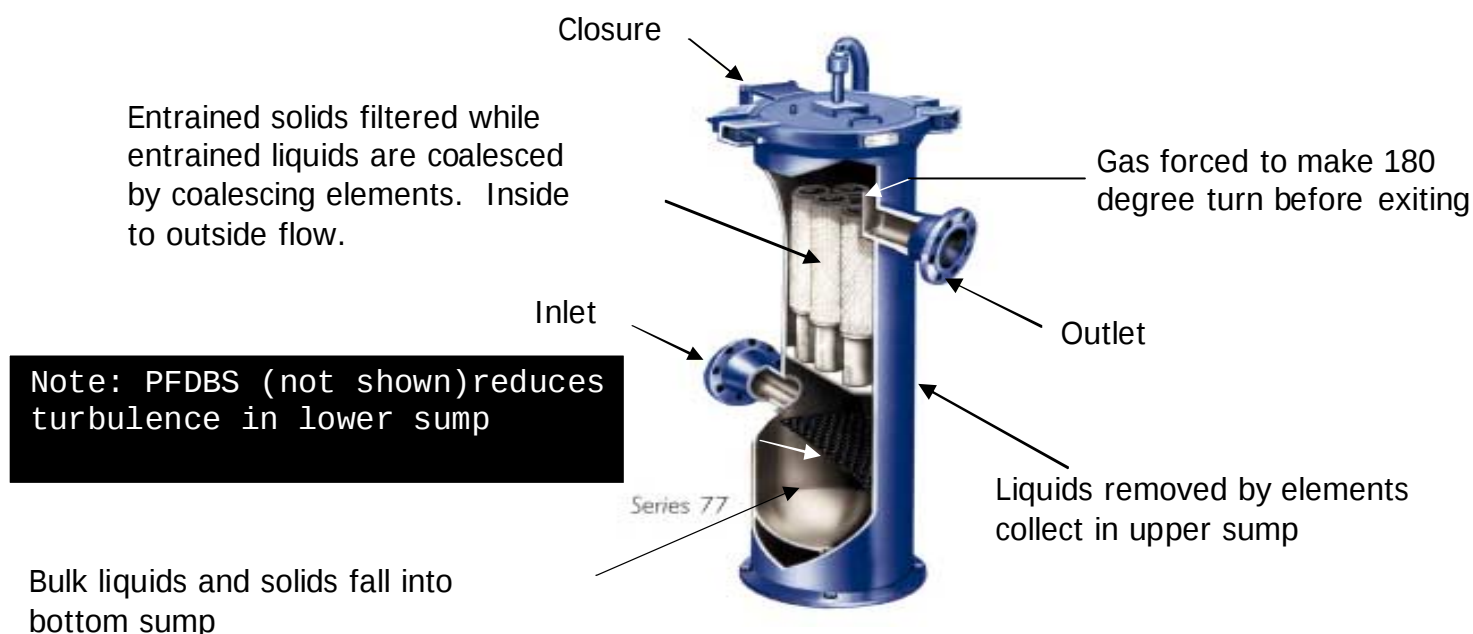
B.- SEPARACIÓN DEL GAS TRATADO:

El Gas tratado, arrastrará trazas de Amina del proceso, por lo tanto, para minimizar las pérdidas de Amina y proteger el equipamiento aguas abajo, se debe Separar el contaminante del Gas.

Se recomiendan dos (2) Equipos PECO, para separar eficientemente la Amina arrastrada por el Gas, como sigue:

a) Coalescedor de flujo Reverso modelo 77V:

El coalescedor PECO modelo 77V, tiene dos (2) etapas y/o cámaras de separación de líquido. En la cámara inferior se separa el líquido “libre” que puede acompañar al gas y en la cámara superior, equipada con elementos PEACH, modelo NGGC, la niebla de líquido. El flujo de gas es INSIDE /OUTSIDE, el gas fluye desde la parte interior del elemento hacia la parte exterior, se produce la separación por efecto de coalescencia de todas las partículas líquidas de tamaño 0.3 micrones y superiores. De tal forma, este equipo, produce la separación de partículas líquidas de 0.3 micrones y superiores con una eficiencia de 99.98 %.



b) Filtro/Coalescedor GEMINI:

En el caso, que se prevea la presencia de solidos en el Gas Tratado a Separar (ubicación del Filtro, alejado de la Columna Absorbedora) se recomienda instalar el Separador GEMINI, - recomendado para el Gas de ingreso a la Unidad -, cuyos elementos en primera etapa de separación, donde el gas fluye desde la parte exterior a la interior, tienen una gran capacidad de retención de solidos.

C.- FILTRACIÓN DE AMINA RICA:

La solución de Amina puede estar contaminada con partículas solidas, debido a la inadecuada preparación de la solución, excesiva corrosión, o donde la relación $\text{CO}_2 / \text{H}_2\text{S}$ es alta, es importante colocar un filtro de partículas solidas.

A tal fin, se recomienda, instalar un filtro PECO, - 100 % flow -, carcasa modelo 55 o 58, equipado con elementos filtrantes, PEACH, modelo PPL, 100 % de polipropileno. Este filtro, especificado para un tamaño de partículas de 10 o 5 micrones, ofrece una eficiencia de 99.9 % o $\text{BETA} = 1000$.

Además de las partículas sólidas, la Amina rica arrastrara trazas de hidrocarburos, provenientes de su contacto con el gas en la Columna Absorbedora. Para separar dichos contaminantes, se debe instalar un Filtro de Carbón activado, - 100 % flow -, aguas abajo del Filtro de sólidos.

Dos (2) modelos de filtros PECO, son aplicables para la remoción de las trazas de hidrocarburos desde la Amina rica:



a) Filtro Serie 10, equipado con elementos de carbón activado seleccionado, constituido por un lecho de carbón con un core central de acero para evitar la migración del carbón. El flujo de líquido es desde el exterior del elemento hacia el interior.



b) Filtro Serie 10FB, constituido por un lecho fijo de carbón activado seleccionado. El recipiente incluye un distribuidor de entrada del líquido, un lecho de carbón activado, colocado sobre un lecho de grava, inmersa en la cual se encuentra un manifold perforado de salida del líquido, el cual provee un flujo uniforme de líquido a través del recipiente para evitar la canalización del mismo y a su vez el lecho de grava, evita la posible migración del carbón activado.



D) FILTRACIÓN DE LA AMINA POBRE:

Como una “Alternativa”, a la filtración de Amina Rica, puede instalarse un Sistema de Filtración similar al de Amina Rica, en la corriente de “Amina pobre”, aguas abajo del Intercambiador Amina rica / Amina pobre. El Sistema es del tipo “partial flow”, considerándose la filtración de hasta el 20 % del caudal de circulación de Amina.



CONCLUSIONES:

Del desarrollo de este trabajo, surgen las siguientes conclusiones, en relación a la importancia de aplicar un correcto diseño de los Sistemas de Filtración, en una planta de Tratamiento de Gas con Aminas:

1) Debe Separarse cualquier niebla de líquidos o partículas sólidas presentes en el Gas que ingresa a una Planta de Tratamiento de Gas, para evitar la sobrecarga del Sistema con contaminantes. La Amina contaminada absorbe menos gas ácido y es regenerada con menor eficiencia.

2) El Gas Tratado, que sale de la Columna de Absorción arrastra consigo Amina con trazas de gas ácido, lo cual producirá problemas en los tratamientos posteriores del Gas dulce. Un eficiente Filtro/coalescedor debe instalarse para separar la Amina arrastrada por el gas.

3) La Amina rica y/o pobre, debe ser eficientemente filtrada para evitar el arrastre de partículas sólidas y/o trazas de hidrocarburos que arrastra para optimizar su eficiencia y proteger los equipos de la Planta.

4) La configuración de los Filtros Separadores, Coalescedores y medios filtrantes dependerá de las condiciones particulares del gas a tratar en cada Planta.

5) La optimización del Sistema de Filtración asegurará una operación más eficiente y con menores costos de mantenimiento de la Planta.



BIBLIOGRAFÍA

- David Burns, Understanding Gas/Liquid Coalescing, Perry Equipment Corporation.
- “Gas Treating Products and Technology”, Section 4, Design Recommendations / Considerations, Hunstman Corporation, 1997.