Texto completo del artículo publicado en la Primavera de 2003 en la revista “Petroleum Technology Quarterly”

FILTRACION DE AMINAS

John Hampton y Guy Weismantel,
Traducida por Héctor R. Chavez

LA IMPORTANCIA DE LA FILTRACION DE AMINAS DURANTE EL PROCESO DEL GAS NATURAL

La constante necesidad de gas natural en los EE. UU. a renovado la atención a los campos que no han sido explotados por su alto contenido de azufre, elemento presente en el ácido sulfhídrico (H_2S). Los propietarios u operadores de estos campos están ansiosos de poner en producción estos campos marginales. El reto es producir gas natural de una calidad tal que pueda ser transportada en los gasoductos existentes. Estos esfuerzos incluyen nuevas tecnologías y maneras de abaratar los costos de recuperación y proceso. Hay un enfoque especial en las etapas de filtración y separación del gas natural.

El gas natural que contiene compuestos de azufre orgánico e inorgánico se conoce como gas amargo. El gas amargo esta contaminado con mercaptanos y otros compuestos a base de azufre. El mas común de estos contaminantes es el Ácido Sulfhídrico (H_2S), sumamente tóxico, inflamable y muy corrosivo al acero al carbón cuando los procesos se encuentran por debajo de la temperatura de saturación del H_2S. Esta condición es muy frecuente en las operaciones de proceso del gas natural.

Por consecuencia las plantas de proceso de gas natural tienen muchos problemas de corrosión ocasionados tanto por el ácido como por otros fluidos utilizados en los procesos de recuperación y absorción. La mayoría de las veces estos líquidos absorbentes son aminas. Las aminas son excelentes para absorber el azufre del gas amargo y tornarlo en un gas con alto contenido de BTUs y aceptable de ser enviado a los gasoductos. Pero las aminas son caras y difíciles de manejar. Son tanto tóxicas como peligrosas. Están sujetas a pérdidas por evaporación, incendio, espumamiento y contaminación con las partículas y escorias que se desarrollan durante los procesos de regeneración de las mismas.

Por otro lado, las aminas ofrecen el beneficio de ser una tecnología confiable y ya probada por largo tiempo. Algunas de estas aminas también ayudan en la remoción del bióxido de carbono (CO_2). El CO_2 es otro contaminante que tiene que ser eliminado para poder obtener gas de buena calidad. Los productores usan las aminas por la facilidad con que absorbe el H_2S y por lo fácil que es regenerarla para volverla a utilizar. En cuanto se remueve el azufre el gas está listo para ser transportado. El gas natural es inodoro, en algún punto del proceso

se le tiene que agregar un odorante para darle su olor peculiar y así facilitar su detección.

DESCRIPCION DEL PROCESO

En el proceso convencional la amina líquida se fluye en contra corriente al gas. Por un proceso exotérmico el gas amargo es absorbido por las aminas. Esta cohesión es fácil de romper, se separa el gas y la amina se envía a la regeneradora.

Vamos a ver el proceso y señalar las secuencias mas importantes. Para empezar el gas amargo se inyecta por la parte inferior de la torre de aminas. Este gas amargo fluye hacia arriba y se pone en contacto con la solución de aminas que viene descendiendo. En este punto es donde el H_2S es absorbido. El gas ya purificado sale por la parte superior y la amina ya usada sale por la parte inferior de la torre, pasando por un tanque de expansión y luego a través de un intercambiador de calor. Este intercambiador utiliza la amina ya regenerada, caliente, para elevar la temperatura de la amina contaminada con el H_2S. La solución contaminada se somete a una elevación adicional de temperatura en una caldera secundaria. El vapor que se eleva dentro de un tanque de barrido libera el H_2S. El H_2S se envía a la recuperadora de azufre, por ejemplo una unidad Claus.

Durante todas estas etapas la amina se contamina con escoria, herrumbre, escombro, polímeros de larga cadena, productos de reacción (de los antiespumantes u otros materiales). Algunos de estos químicos fueron agregados ex profeso al sistema. Otros estaban presentes en el H_2S, como ejemplo: metales pesados que pasan a través del sistema en forma de polvo.

Una preocupación constante son las sales de amina que se forman durante el proceso de recuperación. Estas sales son corrosivas, son estables y deben ser reducidas al mínimo utilizando:

a. un diseño adecuado del sistema,
b. un control de los parámetros del proceso y
c. por filtración.

El filtro típico utilizado en las aminas tiene bastantes retos: atrapar materiales de varios tipos, con diferentes características, formas y tamaños. Las condiciones de trabajo, así como los tamaños y las formas de las partículas pueden cambiar rápida y drásticamente porque los procesos de producción no siempre están bien equilibrados. Algunos operadores tratan de minimizar los problemas de filtración utilizando un prefiltro en la corriente de gas amargo antes de ser inyectado a la torre. De esta manera remueven partículas y gomas antes de que entren a la corriente de aminas, evitando así problemas posteriores.

En el campo, durante la operación, algunos de los contaminantes orgánicos suspendidos o disueltos se remueven al pasar la corriente por una cama de carbón activado, esta cama esta en una línea diferente a la del sistema de filtración con cartuchos. Nos referiremos con mas detalle, mas adelante, a la cama de carbón activado. La cama en si actúa como filtro, pero esto no es recomendable porque las partículas de polímeros sellan los granos y disminuyen la capacidad de absorción del carbón. La remoción de partículas es función del sistema de filtrado a base de cartuchos (filtración mecánica).

Una de las partes mas críticas del proceso, (un paso que frecuentemente es ignorado o no contemplado por los ingenieros de proceso,) es la operación del filtrado de la amina. El filtrado de la amina juega un papel muy importante en tener un proceso de regeneración eficiente. Si esto no ocurre la concentración de partículas disminuyen la capacidad de absorción dentro de la torre de aminas. Entender la tecnología del filtrado (Apéndice A) y los costos asociados al filtrar las aminas pueden ser la clave en tener una amortización efectiva de los costos de operación en un campo de gas amargo.

.

SELECCION DE LA AMINA

La monoetanolamina (MEA) es usada comúnmente para absorber el H_2S ya que su reactividad es alta y dando como resultado un gas de buena calidad y bajo en su contenido de azufre. Otros tipos de aminas, todas requieren de filtración durante la operación de regeneración, son: dietanolamina (MDEA), diglicolamina (DGA), disopropanol amina (DIPA) y la dietanolamina (DEA) y otras mezclas de solventes. La selección de la amina depende del tipo de contaminantes y de un análisis cuantitativo del gas amargo virgen. Sin importar el solvente, algunos procesos de remoción de azufre no utilizan aminas, el filtrado mecánico es un paso crucial en hacer esta operación redituable y operable al menor costo posible.

Generalmente el sistema de filtrado no se ve afectado por el tipo de aminas que seleccione el operador de la planta de proceso de gas. Se puede razonar que la MEA (una de las moléculas mas simples de amina) es menos susceptible a taponar los filtros. Este puede ser el caso cuando el filtro únicamente este filtrando la amina. Sin embargo la MEA se recomienda cuando las especificaciones de calidad de gas son muy estrictas, provocando que una mayor carga de sedimentos pase por los filtros. Esto crea la necesidad de utilizar filtros con mayor capacidad de retención de sedimentos (ver la sección de Selección de Filtros en este artículo) para asegurar un tiempo óptimo de regeneración (TOR o en ingles Optimum Time Between Turnaround; OTBT). El tiempo óptimo de regeneración (TOR u OTBT) ideal seria hacerlo idéntico al tiempo medio de regeneración TMR (en ingles Mean Time Between Turnaround: MTBT).

Los sistemas DGA se escogen cuando hay necesidad de la remoción además del H_2S, los sulfitos de carbono y mercaptanos . Esto eleva las probabilidades de que el filtro tenga que manejar mas partículas, y partículas mas difíciles de remover que si únicamente estuviera manejando el H_2S por si solo.

De manera similar, los aditivos anticorrosivos y los que bajen el punto de congelación también afectan las operaciones de filtrado. Una planta de aminas localizada en Red Deer, Alberta, Canadá requiere de un aditivo para mantener los flujos requeridos durante los meses de invierno. Una planta similar, localizada en el Sur de Texas, EE. UU., no tiene que considerar bajas temperaturas como uno de sus problemas, por lo tanto no requerirá de anticongelantes. Nuestro punto es el siguiente: los aditivos si afectan la eficiencia del filtrado, los aditivos si pueden causar fallas en la operación de filtrado. Los aditivos pueden aumentar los problemas de espumado tanto como la presencia de partículas.

La información técnica de la amina vendida por la Cia. DOW sugiere que los aditivos que se usen para manejar el problema de sales mejora dramáticamente los resultados en las operaciones de la planta de gas así como en el tiempo medio promedio de regeneración (en ingles MTBT) cuando la planta de gas incorpora tecnología de neutralización de sales en sus operaciones. (Tabla #1).

TABLE #1		
Tipo de Mantenimiento	Neutralización 6 meses antes	Neutralización 6 meses después
# DE LAVADOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR	4	0
# DE LAVADOS DE LAS CHAROLAS DE ABSORCIÓN	10	0
# VECES QUE LOS FILTROS FUERON CAMBIADOS	16	5

La mejor noticia son que los datos de DOW están basados en tecnología de cartuchos ya anticuada. Si selecciona la tecnología de punta en filtración, los cartuchos de alta eficiencia y de alta capacidad de carga le mejoraran dramáticamente sus tiempos y resultados de operación.

Selección de Filtros

Hay muchos factores a considerar cuando se escoja el sistema de filtrado para su corriente de aminas. Dentro de estos están: compatibilidad a los productos químicos utilizados, a la temperatura de operación, a los flujos, las caídas de presión, el grado de filtración y el costo total del sistema. En casi todos los nuevos sistemas los cartuchos son plisados.
Dependiendo del tamaño de la unidad el sistema de filtrado incluirá uno de estos cartuchos, todos de 40 pulgadas de longitud.

6.25 in DE – Filtro de Alta Capacidad (FAC)
12.75 in DE – Filtros de Ultra Capacidad (FUC)
Un solo filtro por carcasa (15”, 18” y 20” DE) Filtro plus Ultra (F+U)

Los filtros F+U están siendo evaluados en el campo en estos momentos y estarán disponibles comercialmente en un futuro próximo. En el sistema F+U hay un solo filtro por carcasa. Los filtros FAC, FUC o F+U utilizan generalmente un filtro con medio filtrante por etapas lo que resulta en mejores eficiencias y mas alta capacidad de retención (MEMR), esto optimiza la capacidad de carga de los cartuchos y garantiza el máximo tiempo entre cambio de elementos. El manejar los filtros de amina es trabajo riesgoso, por esta razón los operadores quieren prolongar al máximo la vida de los filtros.

Los filtros de alta eficiencia y de alta capacidad (AEAC) utilizan canales y cámaras de flujo para optimizar el factor Alfa (Å), este factor es clave para determinar el costo total de las operaciones de filtrado. Combinando este diseño con la técnica de plisar al mismo tiempo tipos diferentes de medio filtrante en un solo paquete nos permite maximizar la capacidad de carga del filtro. Este diseño permite el uso de diversos tipos de materiales filtrantes. Esto es esencial debido al amplio rango de fluidos y temperaturas que se encuentran en las diversas plantas. El corte transversal que a continuación se muestra nos enseña los detalles básicos y los canales de flujo de un filtro de AEAC. Este tipo de diseño trabaja tanto en flujos de dentro hacia fuera como de afuera hacia adentro y no esta sujeto a que solamente se utilicen tres hileras de medio filtrante.

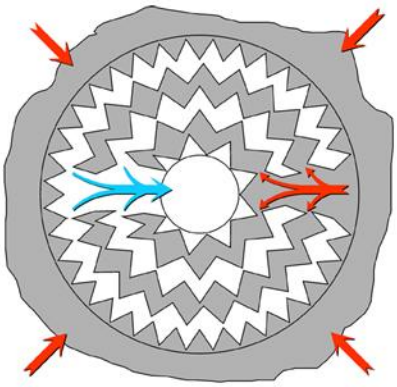


DIAGRAMA DE FLUJO

La selección del material filtrante es clave en las operaciones de filtrado de aminas. Las aminas varían considerablemente en su composición química y es difícil el encontrar el material ideal para cada caso. Otros agravantes pueden ser el tipo de goma utilizado y los materiales de los sellos que se utilizan en la fabricación de los filtros. Generalmente los materiales mas aceptables son el polipropileno y la celulosa. Sin embargo las temperaturas de operación y la presencia de hidrocarburos en el sistema pueden influenciar el tipo de material a utilizar.

El tamaño de las carcasas y bombas a utilizar esta dictado por los flujos a mantener, las limitantes de las caídas de presión y el nivel requerido de filtración. La capacidad máxima recomendada de flujo de cada cartucho se usa para determinar la cantidad de elementos requerida para mantener el flujo del sistema.

El tamaño de la carcasa depende del número de elementos que esta acomode. La presión de operación de las bombas tiene que ser tal que pueda mantener los flujos de trabajo a través del filtro. Hay que recordar que los flujos cambian en proporción a la carga de sedimentos que se empieza a acumular en los cartuchos. Hay que tener la suficiente presión para asegurar que los filtros alcancen su capacidad máxima de carga. Es importante que diariamente se efectúen pruebas de calidad al sistema, ver Apéndice B. Las pruebas son necesarias para detectar descompensaciones en el proceso.

Reducción de costos de filtración

La eficiencia del costo de filtración (E) es el costo total, gastos directos e indirectos, que se incurren al remover una libra de sedimentos de la corriente de aminas. El costo directo es el precio del filtro puesto en la planta, los indirectos incluyen tanto el costo del personal como el costo de deshacerse del filtro, los sedimentos retenidos son corrosivos y altamente contaminantes, tienen que ser enviados a un basurero que este autorizado para recibir este tipo de productos o ser incinerados. El reducir el costo nos da un mejor factor de eficiencia. Si no tomamos en cuenta los costos de amortización, podemos expresar lo anterior mediante la siguiente formula

$$E = \frac{P}{H} + \frac{L}{H} + \frac{D}{H}$$

Å = Factor alfa
D = Costo desecho/filtro
H =Capacidad de carga
L = Costo M. de Obra / filtro
P = Costo del filtro

El costo del filtro y su capacidad de retención son los factores dominantes en los costos de operación. La relación entre estos dos renglones esta definida en la fórmula a continuación como Factor Alfa (Å).

$$\text{FACTOR ALFA (Å)} = \frac{\text{Costo Filtro (P)}}{\text{Cap. Retención (H)}}$$

Combinando las fórmulas de Factor Alfa y de la de Eficiencia de los Costos de Filtración nos da un resultado muy interesante.

$$E = Å + \frac{L}{H} + \frac{D}{H} \Rightarrow E = Å + \frac{L + D}{H}$$

Los costos indirectos que se muestran en la ecuación se reducen al incrementarse la capacidad de carga de los filtros. Por lo tanto, el factor Alfa es el número que domina o controla a la ecuación. El factor Alfa maś bajo resulta en el costo de filtración menor.

DATOS TIPICOS CARTUCHO 20µ ABSOLUTO, PLISADO EN POLIPROPILENO			
Tipo Cartucho	Retención del Filtro	Costo Normal	Factor Alfa
Estandard (2.5")	1.7 lbs.	$33.25	19.6
FAC (6.25")	17 lbs.	$267.75	15.8
FUC (12.75")	85 lbs.	$1,015.00	11.9
F+U (20.0")	255 lbs.	$2,250.00	8.8

Maximizar la vida de los filtros.
La vida del filtro esta directamente relacionada a su capacidad de carga. Se puede definir como el volumen total de fluido que pasa a través de el antes de alcanzar su máxima presión diferencial.

A flujo constante, la vida de los filtros absolutos se incrementa considerablemente si el área efectiva de filtrado se aumenta. Esta propiedad de la vida de filtro es un resultado directo de la relación que existe entre densidad de flujo (gpm x ft^2) y la presión diferencial que se observa a través del área filtrante.

En condiciones perfectas el máximo incremento de la vida del filtro es igual al cuadrado del incremento del área efectiva de filtrado. El incrementar al doble el área efectiva de filtrado le puede incrementar la vida del filtro hasta ¡cuatro veces!

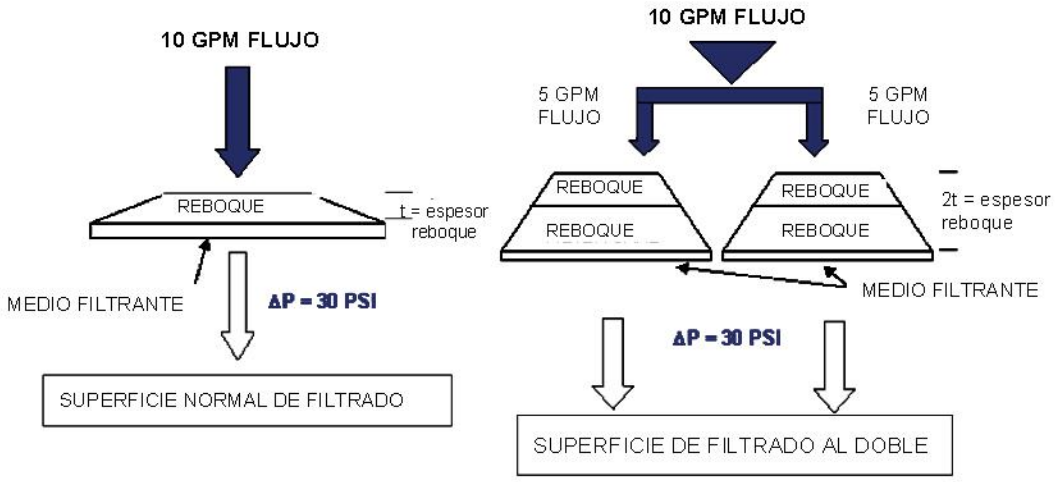
INCREMENTO DE LA VIDA DEL FILTRO

$$= \frac{Le}{Lo} = \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^N$$

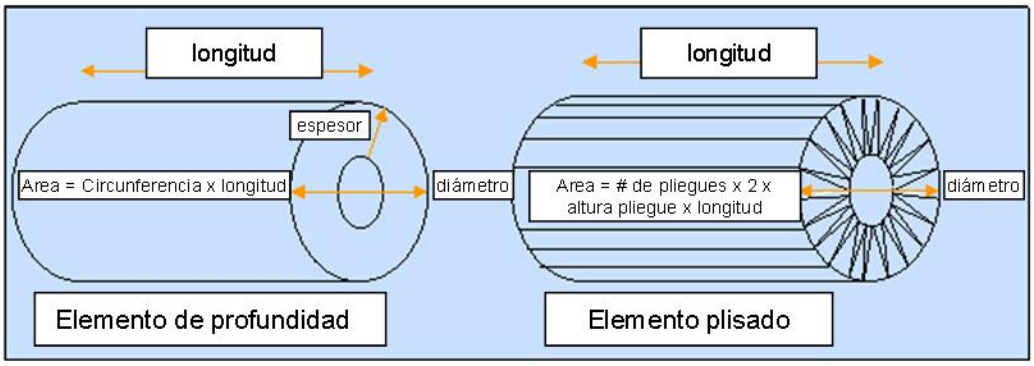
Le = Vida adicional
Lo = Vida original
Ae = Area expandida
Ao = Area original

$1 \leq N \leq 2$

Un ejemplo de incrementar al doble la superficie filtrante:



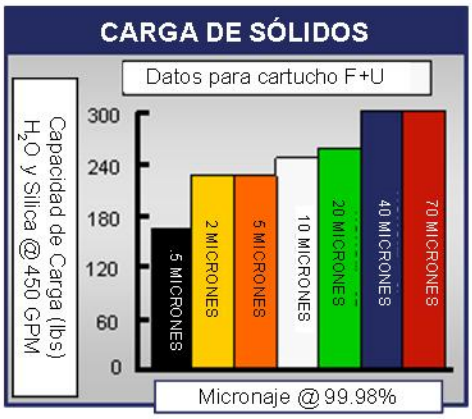
La manera mas fácil de aumentar la vida de los filtros en una carcasa ya instalado es el de reemplazar los filtros de profundidad por filtros plisados. En el siguiente diagrama vemos que el área efectiva de filtrado de profundidad es mucho menor que la del filtro plisado.

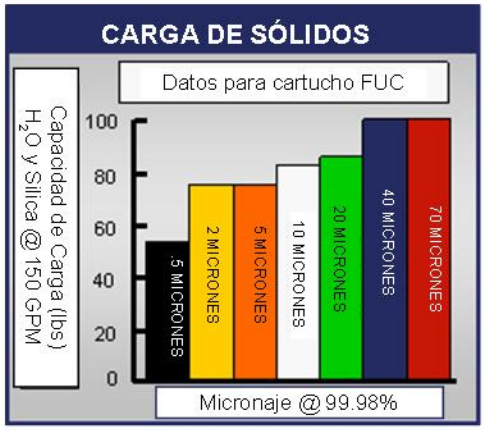


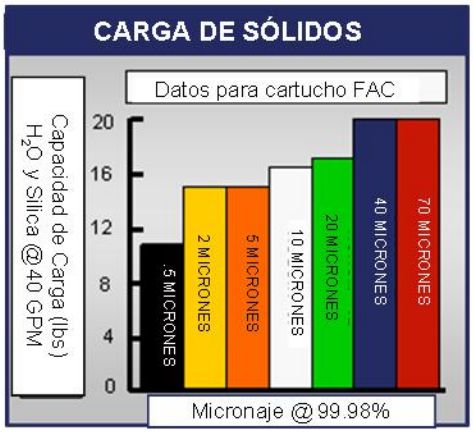
Otra alternativa sería la de incrementar el número de filtros, estos se haría agregando carcasas al sistema.

Los mismos resultados se pueden obtener si reducimos el flujo a través de los filtros. Si reducimos el flujo a la mitad se puede incrementar la vida de los filtros por un factor de 4.

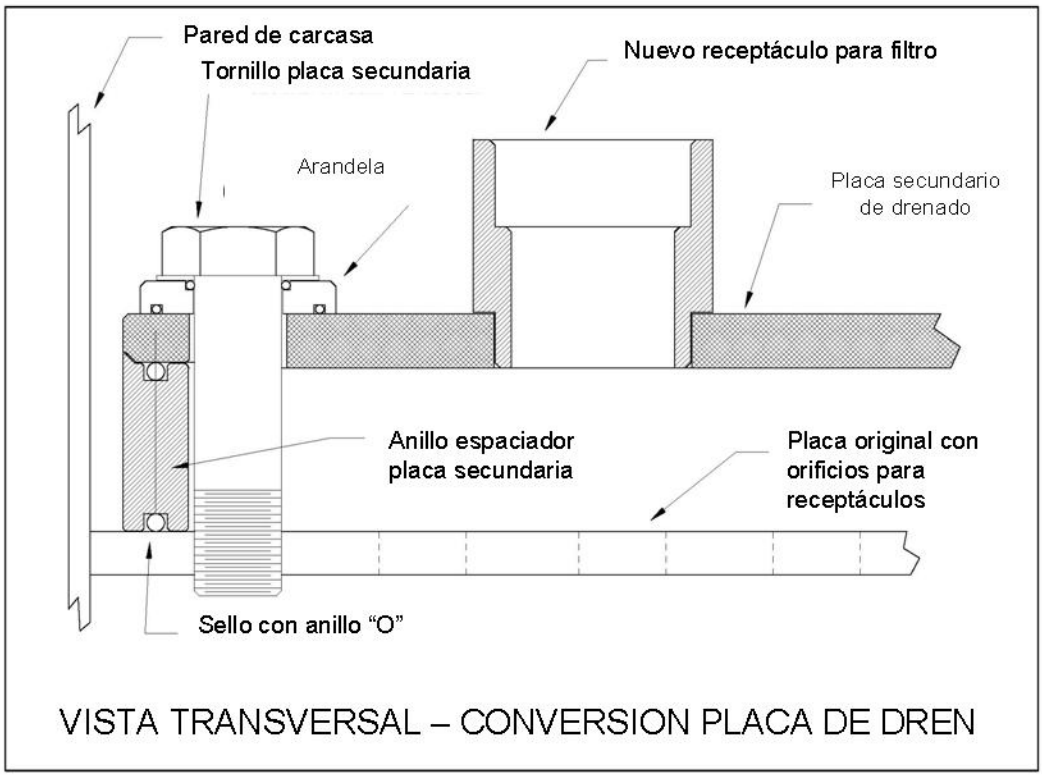
Con respecto a los cartuchos, con uno del tipo FAC se pueden reemplazar hasta cuarenta filtros encordados o hasta diez cartuchos plisados, ambos en DE de 2.500". El filtro FUC reemplaza hasta 200 encordados o 50 plisados. El F+U para una carcasa de 24" DE es de 20" de diámetro, reemplaza hasta seiscientos encordados o hasta 150 elementos plisados.







Estos filtros están construidos para poder ser colocados en la mayor parte de las carcasas convencionales con cambios mínimos en su estructura.
Los filtros de AC/AE proveen un método económico para incrementar el área efectiva en carcasas ya existentes. En la mayoría de los casos no se pierde el código ASME ó equivalente al hacer estos cambios en la carcasa.



VISTA TRANSVERSAL – CONVERSION PLACA DE DREN

Cuando uno considera la inversión de capital en una nueva instalación, los ahorros asociados con el costo de la carcasa son muy importantes. Muchos ingenieros de planta diseñan su sistema basados en mantener el flujo al máximo. Si su diseño se basa en la utilización de cartuchos de 2.500" de DE la carcasa requerida es de un diámetro mucho mayor para poder trabajar con estos flujos. Usando los filtros de alta eficiencia y alta capacidad (AEAC), el diseño minimiza el tamaño de la carcasa para mantener el mismo flujo que en el caso de los de 2.500". Este ahorro puede ser considerable en los sistemas que trabajan con presiones altas.

MAXIMO # DE CARTUCHOS POR D.I. DE LA CARCASA			
	Cartuchos de:		
D.I. Carcasa	2.5" D.E.	6.25" D.E.	12.75" D.E.
15"	19	3	1
28"	70	12	3
36"	120	19	5

Economizar en la filtración de Aminas.

El siguiente ejemplo nos muestra cuanto se ahorra al aplicar un sistema básico de filtración de aminas en una operación existente.

GASTOS MENSUALES DE OPERACION Carcasa de 36" D.I., Carga de Contaminantes 72# Por Mes				
Parámetros	**2-1/2" D.E. Hilado**	**2-1/2" D.E. Plisado**	**FAC 6.25" D.E.**	**FUC 12.75 D.E.**
Depreciación	$400.00	$400.00	$400.00	$400.00
Cantidad de Filtros	120	120	19	5
Costo Filtro	$9.00	$33.25	$267.75	$1015.00
Lbs. de sedimento x filtro	0.4	1.7	17.0	85
Cambios x mes	1.5	0.35	0.22	0.17
Tiempo para cambiar	4 hrs.	4 hrs.	2 hrs.	1 hr.
Costo mano de obra	$25.00/hr.	$25.00/hr	$25.00/hr	$25.00/hr
Costo de desecho	$4.00 c/u	$4.00 c/u	$25.00 c/u	$105.00 c/u

GASTOS MENSUALES DE OPERACION Carcasa de 36" D.I., Carga de Contaminantes 72# por Mes				
Parámetros	**2-1/2" D.E. Hilado**	**2-1/2" D.E. Pilsado**	**FAC 6.25" D.E.**	**FUC 12.75" D.E.**
Depreciación	$400.00	$400.00	$400.00	$400.00
Costo Filtro	$1,620.00	$1,396.50	$1,119.20	$862.75
Costo mano de obra	$150.00	$35.00	$11.50	$4.25
Costo de desecho	$720.00	$168.00	$104.50	$89.25
Costo Total	**$2,890.00**	**$1,999.50**	**$1,635.20**	**$1,356.25**
Factor Alfa (Å)	22.5	19.6	15.8	11.9

Conclusión

En cuentas resumidas, hay varios factores importantes a tomarse en cuenta a la selección el sistema de filtros para las aminas de absorción.

- Los elementos filtrantes utilizados en el sistema deberán estar construidos con medios filtrantes de poro fijo y controlado.
- Los factores Beta le dan un perfil de la eficiencia del filtro en varios rangos de micronaje.
- Un estuche de pruebas portátil deberá ser utilizado in situ para encontrar soluciones especificas a problemas de filtrado.
- El costo total de la filtración deberá incluir: amortización del equipo, costo del cartucho, costo del personal para efectuar los cambios y los costos de deshacerse de los cartuchos ya utilizados.
- El factor Alfa (Å). Del filtro es muy fácil de calcular. Entre mas bajo el factor Alfa mas bajos los costos de filtración.
- Un incremento en el área efectiva de superficie filtrante o reducir el flujo resultará en un incremento considerable a la vida de los elementos.
- La calidad del fluido es un aspecto importante en las operaciones de un sistema de aminas. Los operadores deberán ser capaces de probar, en línea, la calidad del fluido al analizar una muestra representativa de la misma.
- La tecnología con filtros de alta eficiencia y alta capacidad (AEAC) reducen los costos de filtración y se puede aplicar tanto a sistemas ya instalados como en plantas nuevas.

La filtración con cartuchos, acoplada con un sistema de pulido o filtrado de carbón activado continúa siendo el sistema básico de operación en un sistema de aminas. Los proyectos mas grandes utilizan un sistema continuo de derivación para constantemente estar mejorando las aminas de la regeneradora, sin importar el tipo de amina que se utilice. Algunas plantas pequeñas pueden estar diseñadas para manejar el 100% de la circulación, regeneración de la solución de aminas. Los filtros de Alta Eficiencia y Alta Capacidad (AEAC) cambiéń se pueden utilizar en otros fluidos de absorción que no tengan a las aminas como base.

También es importante que los operadores de plantas de gas reconozcan la importancia de la filtración mecánica en los sistemas sin aminas, nos referimos a los que utilizan glicoles u otros solventes. Estos solventes son generalmente orgánicos y el equipo esta incorporado en varios tipos de sistemas de circulación aledaños o auxiliares y que cuentan con solventes que se comportan como las aminas en cuanto a su capacidad de absorción. Estos solventes pueden tener un solo enfoque para la remoción de sulfuro de carbón o de mercaptanos o de cianuro de hidrógeno, para el bióxido de carbono, los carburos de metal u otros compuestos. Algunos de estos absorbentes son químicamente inertes y no están sujetos a degradación pero deben de ser filtrados adecuadamente por medios mecánicos para mantener su capacidad de absorción. Estos componentes pueden provocar problemas de espumamiento, estos problemas se pueden agravar por la presencia de otros finos en la corriente.

Finalmente los operadores deberán reconocer que el filtro de carbón activado es crítico en algunas de las operaciones para sacar del sistema las pequeñas cantidades de químicos que puedan generar espuma o por otras razones. Pero el filtro de carbón activado aporta partículas finas de carbón al sistema. Bajo condiciones normales, los filtros para sedimentos se deberán colocar en el efluente de la unidad de carbón para facilitar la remoción de estos finos.

El control de la espuma es una batalla constante en los sistemas de aminas. El agregar productos antiespumantes es costoso y en algunos casos no es necesario si los filtros de la planta están trabajando adecuadamente. Se ha comprobado que si los finos no se remueven de la solución de amina pueden acelerar el problema de espumamiento. La presencia de sólidos estabilizan la espuma, por lo tanto es importante la remoción de estos sólidos. Los síntomas de un problema de espumamiento pueden ser: demasiada carga en los degasificadores, decremento en la tasa de flujo y cavitación en las bombas. Algo de espuma en el sistema es de esperarse bajo condiciones normales de operación, pero cuando el problema se agrava la torre se puede llenar de espuma y esta espuma es acarreada al resto del sistema. La espuma puede ser consecuencia de una velocidad incorrecta del gas en la torre, pero generalmente el problema se inicia por algún tipo de contaminante que generalmente puede ser removido con una filtración bien planeada. La espuma afecta la absorción y algunas personas sugieren que contribuye a la degradación de las aminas. La degradación de la amina significa que la molécula de amina se separa en componentes que ya no pueden absorber el H_2S (u otros gases como el CO_2). La degradación deberá ser determinada mediante el uso de cromatógrafos en lugar de titración húmeda. La química de la degradación y sus causas merecen ser tomadas en consideración por el Ing. Químico de la planta. Debe incluir un proceso de mantenimiento para determinar las fuentes de oxígeno y de ácido que penetren al sistema de aminas. El oxígeno y el ácido provocan la degradación. Por ejemplo, una amina que se asocie con un ácido formara sales de amina.

Las sales de aminas estables al calor se suman a los problemas operacionales de la planta, tales como: corrosión y alta pérdida de aminas. Mientras los problemas de estabilidad de aminas pueden ser comúnmente asociados a las refinerías es importante saber que estas sales (al menos hay diez tipos diferentes de ellas) tienen un impacto negativo en la rentabilidad del proceso de las aminas básicas (alkanolamine). Irónicamente, un cambio muy sencillo en las operaciones de filtración puede aliviar este problema tan tremendo. Uno puede sugerir que la antigüedad y la experiencia del personal de planta juega un papel muy importante en que la planta opere adecuadamente. Sin embargo, cuando hablamos de filtración, ni el personal con experiencia ni el novato han recibido un entrenamiento para enseñarles como las técnicas adecuadas de filtración pueden impactar favorablemente la operación y las finanzas de la planta.

APENDICE A
PRINCIPIOS BASICOS PARA LA FILTRACION DE AMINAS

El proceso para una remoción efectiva del H_2S en el gas natural significa que el equipo tiene que enfrentarse al ácido sulfúrico (H_2SO_4) y otros ácidos sulfurados dentro del sistema. Esto se debe a la presencia de humedad lo cual permite que tanto el H_2S como los otros compuestos de sulfuro reaccionen con el agua y formen otros ácidos. Por esto es que el H_2S es conocido también como “gas ácido”

Por consecuencia de lo mencionado en el párrafo anterior la absorción de aminas y el equipo regenerador están expuestos a un ambiente corrosivo y oxidante. Agregue a esto la presencia de partículas extrañas en el gas natural hacen que el sistema de aminas convencional segreguen sulfuros negros, óxidos y otras partículas que deberán ser removidas del sistema para poder garantizar un funcionamiento adecuado de todos los equipos involucrados en el sistema. Las finas partículas negras que se forman en el circuito deben ser removidas mediante filtración.

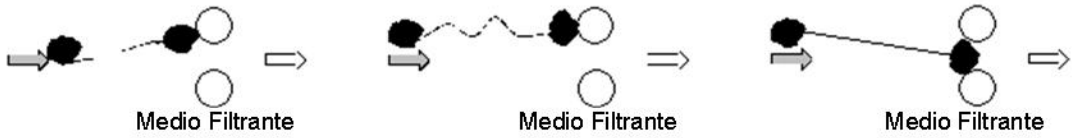
El filtro para partículas finas generalmente se instala en un circuito lateral al del enfriador que lleva la amina regenerada a la torre de absorción. El sistema se diseña para pasar un porcentaje X del total a través de este circuito auxiliar. Este circuito NO esta expuesto a:

1. El calor que se genera y pasa a las aminas en la torre.
2. El gas ácido caliente.

Por lo tanto el filtrado es similar a lo que se puede enfrentar en una sistema estándar de filtración.
La filtración de líquidos es un proceso de separación de partículas sólidas suspendidas en el seno de un fluido, este fluidos se pasa a través de un medio permeable. Generalmente los sólidos disueltos no pueden removerse sin un tratamiento previo al fluido. Las bolsas y los cartuchos filtrantes se usan comúnmente para la remoción de partículas que se encuentren en un rango de 0.5 a 70 micrones. Un micrón es equivalente a 0.001 Mm. o 0.000039 in. La partícula mas pequeña que puede ser observada por el ojo humano, sin ayuda alguna, es la que tiene un diámetro de 40 micrones.

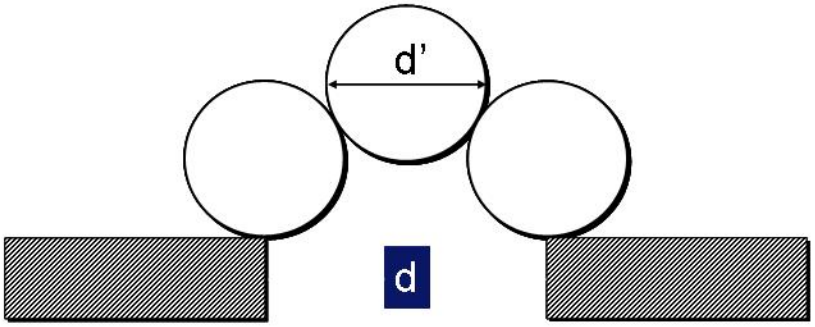
Proceso básico de filtración

Básicamente la filtración sucede por: impacto inercial, intercepción directa o intercepción difusa. Debido a que la densidad de partículas se aproxima mas a la densidad de los líquidos que de los gases, la intercepción directa es el mecanismo deseado para separar sólidos de líquidos.



IMPACTACION INERCIAL | INTERCEPCION DIFUSA | INTERCEPCION DIRECTA

Combinando el mecanismo de intercepción directa con la teoría del puenteo de partículas, podemos explicar porque un medio filtrante con cierto diámetro de poro es capaz de atrapar partículas con un diámetro menor que el diámetro del poro. La teoría básica del puenteo nos dice que un puenteo o apuntalamiento ocurre en un poro si dos o mas de unas partículas con diámetro igual a ½ del diámetro del poro tratan de pasar al mismo tiempo por la abertura. Este nuevo apuntalamiento contiene poros de diámetro menor que el original que a su vez pueden atrapar partículas cada vez mas chicas.



d' = diámetro de la partícula apuntalante

d = diámetro del poro

Si d < 2d', SE FORMA UN PUENTE ESTABLE

Bajo ciertas condiciones de trabajo las partículas atrapadas pueden desalojarse del medio filtrante y pasar corriente abajo. Las variaciones en la tasa flujo, cambios abruptos de presión son las causas mas comunes del desalojo de partículas. Inclusive bajo condiciones ideales los filtros pueden desalojar partículas si la estructura del medio filtrante permite una elongación lo que consecuentemente cambia el diámetro del poro. Esto es muy común en los filtros hilados y en las bolsas de baja densidad cuyos poros siempre tienden a ensancharse al haber incrementos de presión. Los mejores filtros están diseñados con medio filtrante de poro fijo, cuyos diámetros son inmunes a los cambios de presión y de tasa de flujo.

Tipos de filtros

Los medios filtrantes de uso mas común en los sistemas de amina se pueden clasificar en los que tienen un diámetro de poro controlado o los que tienen una variedad de poros con diámetro al azar. Entender la diferencia entre estos dos tipos de medio filtrante nos ayuda a predecir como los cartuchos fabricados con estos materiales se comportaran durante el proceso de filtrado.

Los medios filtrantes con variedad de poros y con diámetros al azar tales como: felpas, hilados o empaquetaduras de fibra de vidrio están construidos con material que contiene poros de varias dimensiones que se expanden con los incrementos en las presiones diferenciales y en los flujos. Estos tipos de filtros son susceptibles a desalojar las partículas, a formar canales de desvío y a que el medio filtrante migre al efluente.

Los medios filtrantes de poro fijo están construidos de tal manera que previenen el ensanchamiento del poro al haber incrementos en las presiones y en los flujos. Aunque estos filtros tiene poros de diversos tamaños, la estructura de los poros en general esta controlada durante los procesos de fabricación para asegurar una remoción *cuantitativa* de partículas de un diámetro definido o mas grandes. Con este tipo de filtros, cualquier partícula desalojada durante las fluctuaciones de presión y flujo deberán ser menores que el grado de filtración a la que el filtro fue previamente calificado.

Clasificaciones: Nominal o Absoluta

Existen hoy día diversos sistemas de clasificación de la eficiencia en la remoción de partículas Las mas comunes son dos: Nominal y Absoluta. Desafortunadamente cada fabricante tiene la libertad de utilizar variaciones de diferentes sistemas de prueba para asignar a sus productos una clasificación de Nominal o de Absoluta.

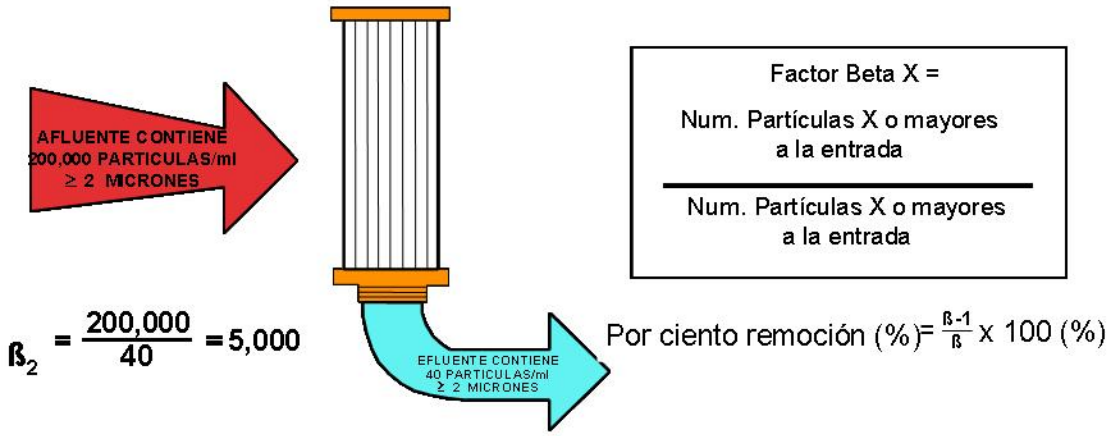
Una clasificación de Filtro Nominal generalmente es definida como un valor arbitrario de micronaje cuyo valor esta determinado por la remoción, medida en peso, de partículas de cierto tamaño o mayores. Los porcentajes, por peso, mas comunes en el mercado son: 98%, 95% y 90%. Estas clasificaciones están basadas en pruebas gravimétricas en lugar de pruebas que determinen la distribución del tamaño de partículas presentes en el fluido. Los problemas asociados con el sistema Nominal incluye procedimientos de prueba mal diseñados, el porcentaje de remoción cambia según las especificaciones de cada fabricante, los resultados de las pruebas no son duplicables y no es difícil encontrar en el efluente partículas mayores que el rango al que esta clasificado el filtro.

Una clasificación de Filtro Absoluto se define generalmente como el diámetro mas grande de una partícula que pueda pasar a través de un medio filtrante bajo condiciones específicas de prueba. Existen varios tipos de pruebas para establecer el Rango Absoluto de un filtro, cada fabricante escoge el tipo de prueba que consideran mejor. Sin embargo, en todas las pruebas, los filtros están expuestos a una corriente que contiene una cantidad y tamaño conocida de contaminantes que intentan pasar a través del material. Hay un conteo de partículas antes y después del filtro. Solamente medios filtrantes con un tamaño de poro fijo pueden ser clasificados como Filtros Calidad Absoluta.

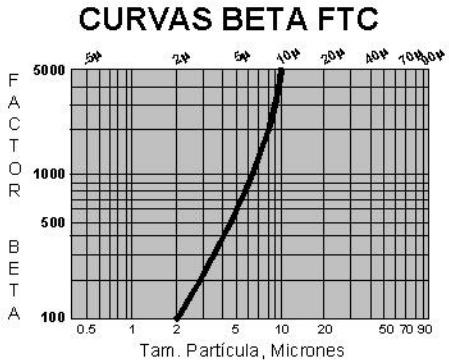
Factor Beta

Los factores Beta fueron desarrollados inicialmente para evaluar el comportamiento de los filtros para aceites y sistemas hidráulicos. En la actualidad, también son muy útiles para medir y predecir el comportamiento de Filtros Absolutos bajo condiciones específicas de pruebas en una diversidad de fluidos.

¿QUE ES EL FACTOR BETA?



El concepto del Factor Beta involucra un conteo total de las partículas a varios niveles de micronaje tanto en el fluido de entrada como en el efluente. Este conteo nos da un perfil de la eficiencia de filtración a varios rangos de micronaje y se puede hacer una curva de estos factores para cada filtro en específico.



FACTORES BETA TIPICOS

Factor Beta	% Remoción
100	99.0
1000	99.9
5000	99.98

APENDICE B

LA IMPORTANCIA DE PROBAR DIARIAMENTE EL ACUMULAMIENTO DE PARTICULAS

Es muy difícil seleccionar el filtro adecuado para el sistema sin antes haber probado diferentes elementos bajo las condiciones reales del trabajo. Pero este tipo de pruebas puede ser oneroso.

Sin embargo, hay alternativas de menor costo que involucran un estuche portátil de pruebas que esta diseñado para darle resultados in situ para sus problemas específicos de filtrado. Este estuche le ayuda a determinar el medio y grado de filtración óptimo para su sistema, además le ayuda a asegurar si hay necesidad de tener que escoger un medio prefiltrante. De esta manera se pueden optimizar la vida de los filtros y minimizar los costos de filtración.

SISTEMA PORTATIL PRUEBAS

El costo global de filtración deberá incluir el costo de inversión para los activos fijos, así como los costos diarios de operación y mantenimiento del sistema. Mucha gente entiende los gastos de capital y de amortización, pero muchos no se dan cuenta de los gastos incurridos por el mantenimiento y operación, gastos que ocurren diariamente. Los costos de operación y mantenimiento incluye: costo del cartucho, costo del personal para colocarlo y removerlo y el costo de deshacerse del cartucho. Este ultimo, gastos de deshecho, es muy alto ya que el cartucho usado es considerado material tóxico y peligroso en su manejo, tiene que ser enviado a un basurero con permiso ambientales especiales.

Ejemplo:

Una carcasa con 120 filtros, a $9.00 c/u.
Amortizaron mensual de la carcasa $400.00
Los filtros se cambian dos veces por mes. Se toman 4 horas para cada cambio.
El costo de mano de obra son $25.00 / hora.
Costo de deshacerse del filtro. $4.00 c/u.

Calcular el costo mensual de operación:

Depreciación	$ 400.00
Filtros (120 x 9 x 2)	2,160.00
Personal (4 x 25 x 2)	200.00
Botar filtros (120 x 4 x 2)	960.00
Costo mensual de operación =	$3,720.00