

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

SINOPSIS

Este trabajo tiene como objetivo presentar la metodología empleada para dar solución a un problema operativo de inestabilidad en una planta de endulzamiento de gas.

Desde el inicio de la operación en dicha planta y por un lapso de dos años, la misma operó por debajo de la máxima capacidad de diseño, debido a que no había gas disponible.

A medida que el caudal de gas a procesar fue en aumento como producto de las nuevas inversiones de la compañía, se comenzaron a evidenciar problemas en el proceso, traduciendo esto en inestabilidad de la unidad de endulzamiento y comprometiendo como consecuencia los compromisos de venta, tanto en calidad como en cantidad.

Se conformó un equipo multidisciplinario, se plantearon todas las posibles hipótesis que podrían ser causales del problema y se analizaron una por una en detalle hasta descartar su potencial incidencia.

La comunión de ideas y esfuerzo finalmente dio sus frutos, logrando revertir en poco tiempo una situación inicialmente complicada, dejando para esta operación un conocimiento mas profundo del comportamiento de la instalación y de las limitaciones de la misma.

INTRODUCCION

Las fuertes inversiones que nuestra compañía realizó en el sector nos permitió pasar de producir 1 MMSMCD en el año 2000 a 7.3 MMSMCD en el 2007.

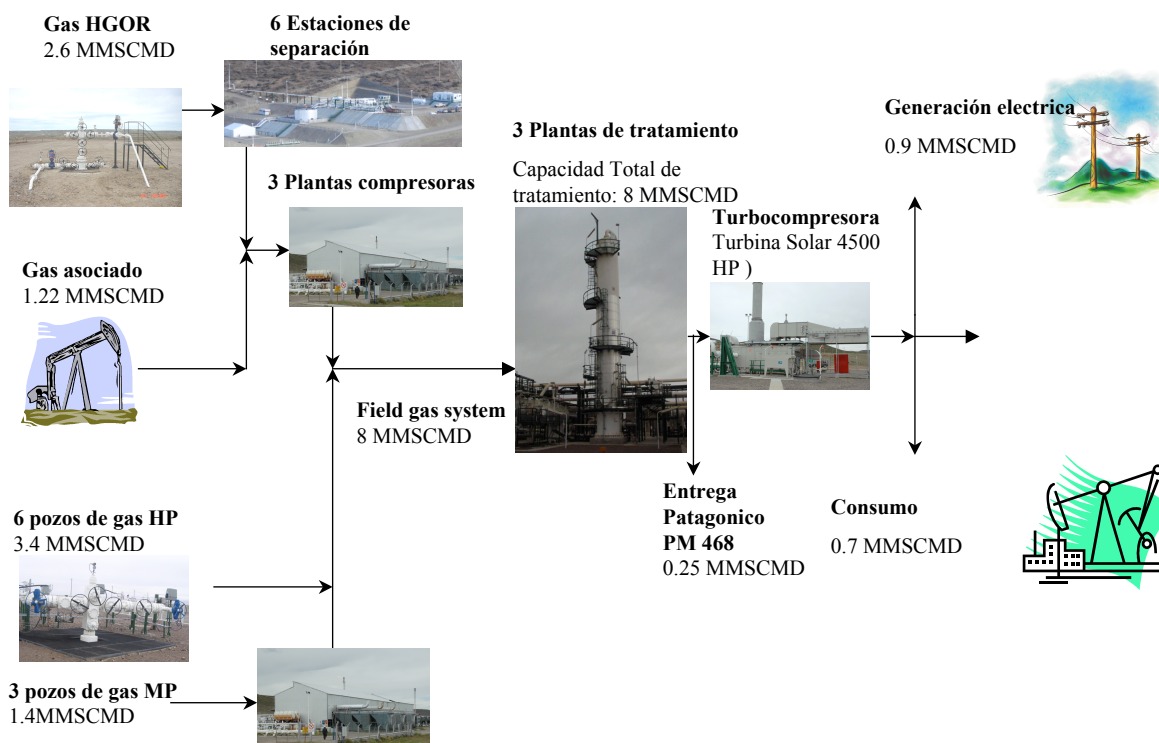
Este desarrollo se realizó en etapas dando a lugar a un sistema de captación de gas muy complejo conformado por pozos gasíferos, pozos de alto GOR y gas de baja presión asociado a las operaciones de petróleo, debiéndose contar con diferentes instalaciones de compresión aguas arriba del tratamiento para poder llevar el gas de baja presión ($2.5 \text{ kg/cm}^2\text{g}$) y media presión ($30 \text{ kg/cm}^2\text{g}$) a la presión de operación del tratamiento ($70 \text{ kg/cm}^2\text{g}$).

El sistema de tratamiento cuenta con dos unidades de ajuste de punto de rocío de 1.5 MMSMCD de capacidad cada una y, una unidad de endulzamiento seguida por una de ajuste de rocío, ambas de 5 MMSMCD de capacidad.

El gas finalmente acondicionado, se mezcla y se recomprime en una estación turbocompresora hasta $83 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ para posteriormente ser inyectado al gasoducto troncal para la venta.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC



La unidad de endulzamiento de Gas Natural trabaja con amina tipo MDEA genérica, y es alimentada con gas proveniente de pozos de alta presión y gas asociado a la operación de petróleo que luego es comprimido para su ingreso a planta.

Esta planta fue diseñada para procesar un caudal máximo de gas de 5.0 MMSCMD, con un by-pass automatizado, que permite derivar el gas de alimentación directamente a la Unidad de Ajuste de Punto de Rocío, según la calidad del gas que abandona la torre contactora. El diseño contempla una circulación máxima de solución de amina de 200 m³/h.

El proceso de acondicionamiento de gas inicia en el separador bifásico, a continuación pasa por un filtro coalescedor para retener la niebla de hidrocarburo. Luego, el gas ingresa a la torre absorbedora, con la posibilidad de ser precalentado en un intercambiador gas dulce/gas ácido, y finalmente se dirige la Unidad de Ajuste de Punto de Rocío, previo paso por un separador de salida. La presión de operación del sistema de absorción es de 70 kg/cm²g, mientras que la del sistema de regeneración de amina es del orden de los 0.5 kg/cm²g.

El gas que se separa en el tanque flash de amina se aprovecha en el horno, para evitar quemas en la antorcha.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

El sistema de filtración de amina se encuentra en el circuito de amina pobre y consta de un pre-filtro de partículas, un filtro de carbón activado y un post-filtro de partículas. Tanto el pre como el post filtro son capaces de retener partículas de diámetro nominal de 5 μm .

La absorción de los gases ácidos se realiza con una solución de MDEA (metil-dietanol amina) al 50% p/p.

El agua de dilución de la solución de amina se produce en una planta de ósmosis inversa y forma parte de los servicios auxiliares de la instalación. Se cuenta con un tanque de almacenamiento de agua desmineralizada, que actualmente no cuenta con gas de blanketing. Existen dos posibles puntos de reposición de agua al sistema: en el circuito de filtración y en el reflujo de la torre regeneradora. Normalmente la reposición se realiza a través del segundo punto mencionado.

El calor necesario para regenerar la solución de amina, es provisto por un sistema de Aceite Térmico, compartido con la Unidad de Ajuste de Punto de Rocío.

A continuación se muestra un esquema simplificado del proceso de endulzamiento.

Gracias a la moderna automatización que dispone esta planta y a la posibilidad de contar con visualización de la mayoría de las variables en el sistema de control distribuido -en sala de control- se pueden extraer libremente datos, mejorar escalas de visualización y graficar el conjunto de variables de interés para formar el historial de la planta. Este constituye el punto de partida del control de procesos, que se describe en el presente trabajo.

Al inicio de la operación, en Agosto de 2002, no se alcanzaba a cubrir la capacidad de procesamiento de esta planta, por lo cual, la misma operó desde entonces y hasta fines del 2004, con un caudal promedio de 3 MMSCMD. En esta fecha, cuando fue necesario incrementar el caudal procesado por la unidad de endulzamiento a 5 MMSCMD, se comenzó a evidenciar problemas de inestabilidad en la unidad de endulzamiento.

Además debido a la complejidad del sistema de captación, cualquier cambio en el mismo como ser la puesta en marcha de un nuevo pozo, paro y arranque de maquinas, etc., producen perturbaciones que afectan la operación normal de la planta, lo que obliga a realizar ciertos cambios en la planta de tratamiento para poder satisfacer la calidad final del gas de venta.

Finalmente con la puesta en marcha de nuevos pozos, se hizo necesario llevar la planta a su máxima capacidad, pero los problemas de inestabilidad se hicieron reiterados y de un grado tal que hacía imposible satisfacer la especificación de calidad del gas de venta requerida por la normativa vigente. Los problemas de inestabilidad se manifestaban principalmente con reiterados eventos de espuma principalmente en la torre absorbadora de amina.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

DESARROLLO

Al aumentar el gas por la torre contactora se empieza a notar la inestabilidad de la misma por formación de espumas, evidenciándose esto en un aumento de presión diferencial de la columna.

Como contramedida se debía bajar caudal de gas de procesamiento, pero en algunos casos la espuma era tan persistente que no se podía romper. Como consecuencia la presión diferencial de la columna se mantenía o seguía aumentando provocando el by-pass de la unidad de la unidad de amina.

Otras de las consecuencias es que al mantenerse la presión diferencial en la torre nos provocaba la disminución de nivel en el acumulador y en los demás equipos de la planta esto también nos provocaba by-pass de la unidad, pero por baja succión de las bombas principales.

Por otro lado en el tanque expensor se evidenciaba presencia de hidrocarburo sobrenadante, si bien la frecuencia de purga de los skimmers se aumento considerablemente se seguía observando presencia de hidrocarburos, provocando esto un aumento de la presión interna del equipo con la consecuencia de incremento en el gas venteado.

Esta condición también nos generaba reiterados arrastres de la solución a la unidad de acondicionamiento de punto de rocíos, debiendo en varias oportunidades cambiar el mono-etilenglicol por contaminación con amina.

En la unidad de amina tuvimos que aumentar la frecuencia de cambio de filtro de entrada a planta por saturación, succión de bombas y circulación de amina pobre.

Cada by-pass de la unidad de amina significaba una salida de especificación del gas de venta y en algunos casos un pedido de renominación de las ventas.

Es decir que no solo se afectaba la calidad de la venta sino que los compromisos adquiridos con los clientes.

Se decide conformar un grupo multidisciplinado integrado por operaciones, ingeniería de proceso, mantenimiento, ingeniería de obras y proveedores (aminas y filtros).

Se comienza a realizar un minucioso análisis de la situación y se plantean todas las posibles causas que podían inestabilizar la planta.

Causas analizadas

- ☐
- ☐ Presencia de hidrocarburos en la corriente de gas de entrada a la contactora
- ☐ Presencia de productos químicos incompatibles con la solución de amina en el gas de entrada
- ☐ Degradación de la solución de amina
- ☐ Presencia de partículas en la solución de amina por deficiencia en el filtrado de la solución
- ☐ Problemas mecánicos en la torre absorbadora
- ☐ Falla de instrumentos
- ☐ Mala operación

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

- ☐ Presencia de contaminantes en el agua de reposición
- ☐ Cambio en la composición del gas de ingreso a planta

Las hipótesis antes mencionadas fueron analizadas en detalle para descartar la incidencia de cada una de ellas.

Presencia de hidrocarburos en la corriente de gas de entrada a la contactora

El tanque flash de amina evidenciaba una importante capa de hidrocarburo sobrenadante en la solución de amina rica. Este hidrocarburo se incorpora a la amina rica a través de la corriente de gas que ingresa a la torre contactora, luego de pasar por separador de entrada y un filtro coalescedor.

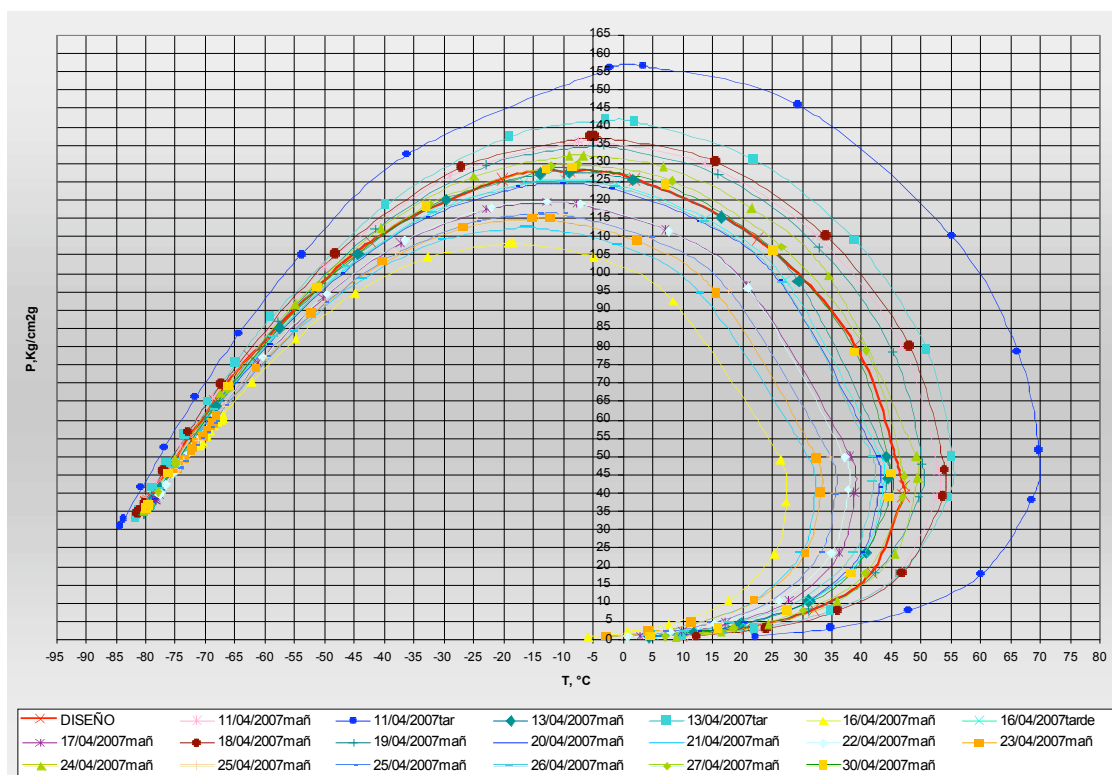
El separador de entrada cumple la función de retener los hidrocarburos líquidos que arrastra consigo el gas de producción, en cambio, el filtro coalescedor debería tener la capacidad de remover la niebla (partículas de 0.3 micrones y superiores) de la corriente de gas proveniente del separador de entrada. Con el objeto de descartar hipótesis, se realizó un ensayo de eficiencia al filtro coalescedor de ingreso a la unidad de endulzamiento. Este ensayo reveló una deficiencia en el diseño del mismo: se midió una eficiencia de alrededor del 70% para partículas líquidas de hidrocarburo de 0.3 μm y superiores, cuando lo recomendable es una eficiencia del 99.5% para estas partículas, en esta aplicación.

Cambio en la composición del gas de ingreso a planta

A través de ensayos cromatográficos en laboratorio, se observó variaciones en la cantidad de hidrocarburos pesados (C6+) en la corriente del gas que ingresa al filtro coalescedor de la unidad de endulzamiento. Además, el contenido de hidrocarburos pesados no es constante a lo largo del día y en varias ocasiones este valor es muy superior al de diseño original de la planta. En el gráfico que se muestra a continuación, puede verse la variación en la composición del gas de ingreso a la unidad de endulzamiento.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC



Presencia de productos químicos incompatibles con la solución de amina en el gas de entrada

Con una serie de análisis se estudia la compatibilidad de los productos químicos que se utilizan en las diferentes partes de la extracción del gas y el petróleo, estos estudios son requeridos antes de que se comience la utilización de algún químico, para que este sea compatible con la solución de amina y no genere problema.

Puntualmente en los pozos de gas de alta presión utilizamos un inhibidor de corrección que es compatible con la amina y un secuestrante de sulfhídrico que también es compatible.

A continuación mostramos las cromatografías realizadas:

- 1) A la solución de amina
- 2) Al inhibidor de corrosión
- 3) Al secuestrante de sulfhídrico.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

A continuación mostramos una cromatografía con la unión del inhibidor de corrosión y el secuestrante de sulfhídrico, los cuales en contacto con la amina genera espumas en el proceso.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

Degradación de la solución de amina

Esto no sucede ya que la solución cada un determinado tiempo se analiza en laboratorios externos, proveedor de la amina y diariamente se realizan análisis de rutinarios de la solución.

Presencia de partículas en la solución de amina por deficiencia en el filtrado de la solución

En este punto también teníamos problemas con la cantidad de partículas que teníamos en la solución ya que el sistema de filtrado de amina pobre esta compuesto por un pre filtro de partículas, un filtro de carbón activado y un pos filtro de partículas cuya misión específica es retener los finos de carbón que libera dicho filtro.

Los filtros de partículas, tanto el pre-filtro como el post-filtro, tenían elementos de algodón y las características de estos es que cuando se saturan tienen un incremento en su presión diferencial y descargan y contaminan más la solución, no levantando más presión diferencial. Por lo que se realiza un ensayo del mismo con un proveedor de filtros determinando que debíamos cambiar los electos filtrantes por filtros de polipropileno, cuya características es que va formando una capa filtrante desde adentro hacia fuera no permitiendo el pasaje de las partículas, a esto se lo llama torta filtrante, una ves que llego a la presión de cambio se debe efectuar el reemplazo ya que no permite la circulación del fluido ocasionando otros problemas en el circuito, se colocaron filtros de 5 micrones nominales, en la actualidad de está estudiando de bajar el micronaje del post-filtro a 3 micrones nominales para capturar los finos que desprende el carbón activado.

Problemas mecánicos en la torre absorbidora

Esto también fue verificado por medios de ensayos realizado sobre la columna con una técnica que se conoce como gamma scan. La misma consiste en una fuente emisora de rayos gamma que se coloca de un lado de la columna y un detector de radiación que se coloca a la misma elevación, en forma opuesta, de tal modo que el haz de radiación pase exclusivamente por la zona efectiva de los platos de la columna. La orientación de la fuente y el detector generalmente atraviesa la zona efectiva de los platos para determinar el nivel de líquido sobre los platos y la calidad de la separación vapor/liquido sobre el plato. Una vez ubicados en su lugar de inicio la fuente y el detector se mueven verticalmente hacia abajo y la intensidad de la radiación transmitida a través de la columna se registra en referencia a dicha posición.

Al mantener la separación de la fuente y el detector constante, y al aplicar las propiedades de radiación colimada, la intensidad de la radiación transmitida a través de la columna es inversamente proporcional a la densidad del material entre la fuente y el detector en la columna. Mientras la fuente y el detector pasan por un espacio normal de vapor en una

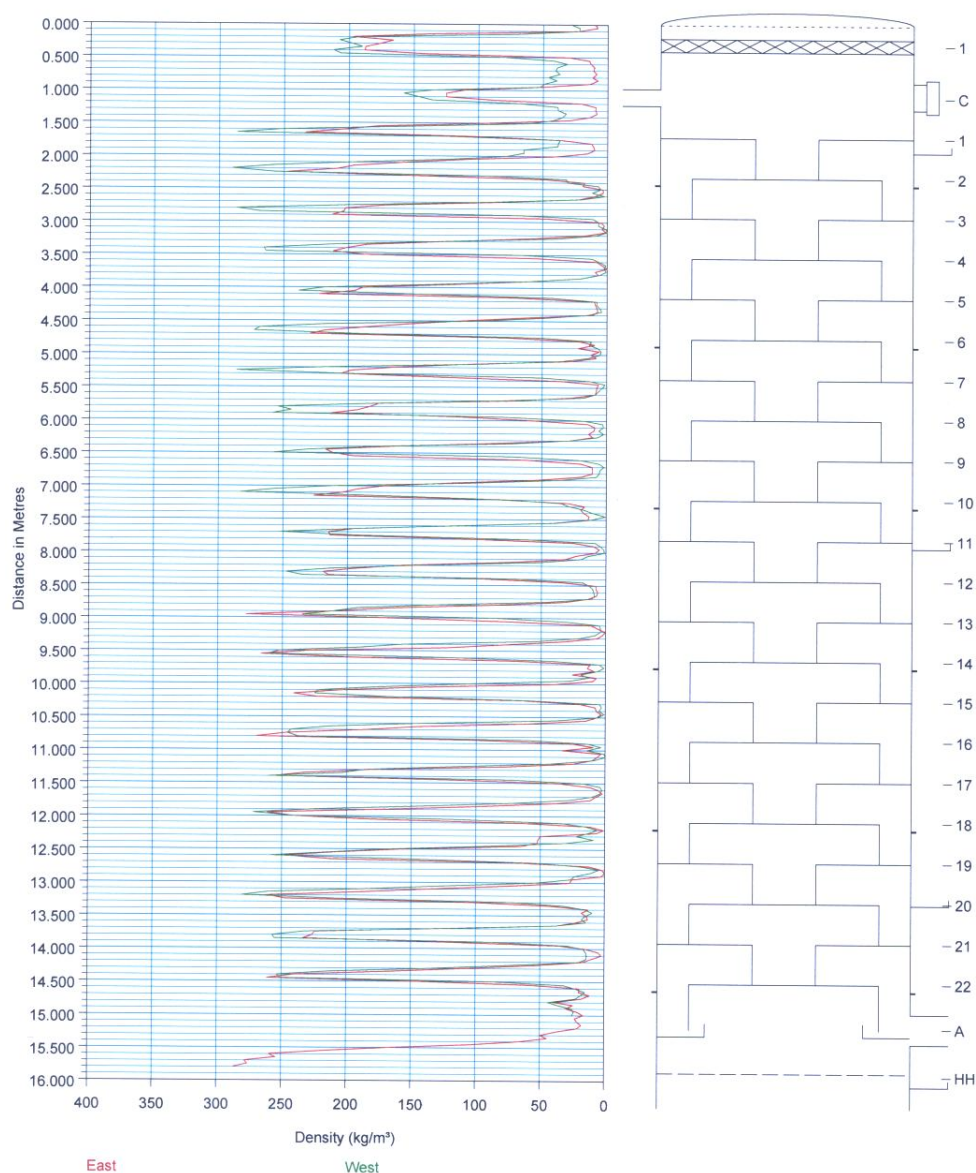
PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

columna de destilación se observa un pico de transmisión, cuando la fuente y el detector pasan por el liquido de un plato, u otro material denso, se observa un pico de absorción (baja intensidad).

Panamerican Energy Planta Z3
T-401 Amine Contactor

Fig. 2



PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

**Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC**

Falla de instrumentos

Si bien existe un plan de mantenimiento preventivo que se llevaba a cabo normalmente, se tomo la decisión de verificar nuevamente la calibración de todos los instrumentos que intervienen en la unidad de amina, además de un contraste con valores predeterminados en las bases de diseño, encontrándose muy pocos desvíos en los mismos.

CONCLUSIONES

En resumen se encontró que:

Cambio la composición de gas de entrada a planta.

Presencia de hidrocarburo en la torre contactora y el tanque expensor debido a baja eficiencia del filtro coalescedor de entrada.

Se comprobó que la unión del secuestrante de sulfhídrico y el inhibidor de corrosión, contribuye a la estabilización de la espuma, por eso costaba tanto romperla.

Baja eficiencia en el filtro de partículas.

Que el filtro de carbón activado al ponerlo en operación, provocaba mas inestabilidad debido al arrastre de partículas finas.

Y en consecuencia se procedió de la siguiente manera:

Se cambiaron los filtros de partículas del circuito de aminas por otros de material distinto (filtros de algodón por filtros de polipropileno) y capaces de retener partículas mas finas (5 micrones nominales).

Se corto la inyección de secuestrante de sulfhídrico.

Se cambiaron los elementos filtrante del filtro coalescedor para obtener mayor eficiencia (cercana al 90%, todavía por debajo del 99.5% recomendado para partículas de 0.3 micrones y mayores).

Una vez concretadas las acciones correctivas se pudo finalmente llevar la instalación a su máxima capacidad operativa en forma estable y segura, y así poder cumplir con los pronósticos de venta y con los nuevos compromisos asumidos por la compañía sin afectar la calidad requerida por la normativa vigente.

Para la operación en particular, la experiencia dejo como aprendizaje un mayor conocimiento de las instalaciones que maneja, una mejora en la comunicación e interacción con otros sectores (mantenimiento, ingeniería, obras, etc.) y la estandarización de las mejores prácticas traducidas en un procedimiento de operación de la planta de amina ajustado a las nuevas condiciones de operación.

PROBLEMAS OPERATIVOS EN PLANTA DE ENDULZAMIENTO

Daniel Rubén Guerrero
Joaquín Jesús Rodríguez
Juan Carlos Moreno
Pan American Energy LLC

Curriculum Vitae de los autores

Daniel Rubén Guerrero

Técnico mecánico. Ingreso a la empresa Bidas SAPIC desde el año 1988 hasta 1997.
Desde 1997 hasta 1999 en Pan American Energy. Trabajando como jefe de turno en planta de LPG.

Desde 1999 hasta 2001 en Repsol YPF como jefe de turno en planta de LPG.

Desde el 2001 hasta la fecha en Pan American Energy, como supervisión de planta de tratamiento de gas Zorro, Ruta N° 26 Km 68.5 -Cerro Dragón– Comodoro Rivadavia – Chubut-Argentina

Te. 0297-4499800 Int: 6687

dguerrero@pan-energy.com

Joaquín Jesús Rodríguez

Técnico mecánico. Ingreso a la empresa Bidas SAPIC desde el año 1988 hasta 1997.

Desde 1997 hasta 1999 en Pan American Energy. Trabajando como jefe de turno en planta de LPG Luján de Cuyo.

Desde 1999 hasta 2001 en Repsol YPF como jefe de turno en planta de LPG Luján de Cuyo.

Desde el 2001 hasta la fecha en Pan American Energy, como supervisión de planta de tratamiento de gas Zorro, Ruta N° 26 Km 68.5 -Cerro Dragón– Comodoro Rivadavia – Chubut-Argentina

Te. 0297-4499800 Int: 9860

jrodriguez@pan-energy.com

Juan Carlos Moreno

Ingeniero Químico. Ingreso a la empresa en el año 2003 , trabajando en planta de gas San Sebastián (tierra del fuego) desde comienzos del 2008. y hasta la fecha, desempeñándose como Jefe de planta de gas Zorro.

Plantas de gas Zorro – Ruta N° 26 Km 68.5-Cerro Dragon– Comodoro Rivadavia – Chubut-Argentina

Te. 0297-4499800