



Corrosión en condensador interretapa en torre de destilación al vacío

Este trabajo fue seleccionado del 5° Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación, realizado por el IAPG en agosto 2018 (Mendoza).

Por **Ricardo Julián Filace, Alejandra Hidalgo y Alexander Bischoff** (YPF S.A., Complejo Industrial La Plata)



La condición, la naturaleza y las propiedades de los productos y sus procesos, así como la disposición de los equipos son únicos en cada planta, por ello los mecanismos de corrosión en los sistemas de cabeza de las unidades de destilación al vacío deben estudiarse en cada caso. Este trabajo presenta un problema de corrosión en un condensador de primera etapa en una unidad de destilación al vacío.

Introducción

En una unidad de destilación al vacío se presentaron varios días con muchas dificultades en lograr la estabilidad en el sistema de vacío y, en consecuencia se encendió una alarma al personal de planta. Los seguimientos y los monitoreos rutinarios de la performance de la unidad no daban valores demasiado apartados de lo normal. La carga, proveniente de la unidad de destilación atmosférica, incluso estaba por debajo del valor de diseño, pero no la temperatura de línea de transferencia, que se había tratado de mantener en su valor de diseño de acuerdo con la planificación de producción de la refinería. Luego de varios intentos de ajustes infructuosos de la operación, se procedió a extraer una muestra del *off-gas* del acumulador, cuyo análisis cromatográfico ofreció los siguientes resultados:

N ₂	% vol.	33,3
O ₂	% vol.	13,0
Co ₂	% vol.	1,0
CO	% vol.	2,3

La elevada relación O₂/N₂ y la baja concentración de CO₂ observadas permitió centrar los esfuerzos en la búsqueda de una entrada de aire en el sistema de vacío, descartando una posible pinchadura en zonas calientes (horno, línea de transferencia, torre).

De una recorrida exhaustiva por la planta se obtuvieron resultados positivos: dos pinchaduras de aproximadamente 10 mm de diámetro cada una ubicadas en la conexión de descarga de agua del condensador interetapa. Las figuras 1 y 2 muestran los hallazgos en planta.

Una reparación rápida y provisoria permitió reestablecer condiciones normales en el sistema de vacío, y con ello en la operación de la torre y la calidad de los cortes.



Figura 1. Orificio sobre conexión de salida de condensador.



Figura 2. Otro orificio sobre la misma conexión, en lado opuesto al de la figura 1.

Desarrollo

En la figura 3 se presenta el sistema de vacío bajo análisis. Se trata de un sistema en altura y consta de dos precondensadores en paralelo (E-001-A y B), tres eyectores de primera etapa (X-001-A, B y C), un condensador interetapa (E-002), tres eyectores de segunda etapa (X-002-A, B y C) y un condensador (E-003). Los pies barométricos descargan individualmente en un separador común (S-001), mientras que los gases son finalmente comprimidos en un compresor de anillo líquido y envia-

dos a unidades de recuperación. Gas oil barométrico y agua ácida son extraídos del acumulador y enviados a destinos apropiados.

En las cañerías de salida del tope de la torre se inyectan aminas neutralizantes, así como también en el vapor hacia los eyectores. Periódicamente se realizan análisis del condensado sobre de cada pie barométrico (puntos de muestreo y cuponerías indicadas A, B, C y D en la figura), aunque el monitoreo por cupones de corrosión se realiza solo sobre el pie barométrico del condensador E-001-B (punto C).

Si bien existen instalaciones para colocar cupones en el resto de los pies barométricos, las válvulas raíz presentan algunas averías y se discontinuó su uso con el tiempo.

El condensador interetapa (E-002) comprometido se ha resaltado en color rojo en la figura. Además, se han incluido datos de algunas variables relevantes del sistema tomados antes de las reparaciones. Al momento de la falla, la unidad de destilación al vacío acumulaba seis años de operación sin paros programados.

Una vez descubierto el problema y solucionado provisoriamente, una inspección por ultrasonido del resto del condensador dio espesores muy bajos en la zona inferior del casco, especialmente en las cercanías de la conexión de salida. Aunque los pies barométricos de todos los condensadores han sido llevados a acero dúplex, la envolvente de este condensador en particular ha sido especificada en acero ASTM A106 Gr.B y ASTM A516 Gr.70. La conexión de salida de líquido del condensador E-002 posee por diseño un rompe vórtice realizado en ASTM A516 Gr.70.

La figura 4 presenta gráficamente las zonas donde se relevó el espesor, en escala de colores relativa.

En este punto es importante remarcar que las tendencias de los análisis de rutina (pH, Fe, Cl, etc.), así como las tasas de corrosión informadas en los últimos meses no habían dado desviaciones importantes (aunque las tasas informadas eran solo para el E-001-B), lo que permitió suponer erróneamente que el sistema se encontraba bajo control.

Un incremento del plan de monitoreo y un refuerzo estructural en la zona comprometida permitieron continuar con la operación sin necesidad de realizar un paro de planta.

Con el análisis de los datos históricos y la información recabada se propusieron dos mecanismos de corrosión que permitirían explicar los hechos: corrosión ácida y corrosión bajo depósito.

Los gases agresivos típicos en los sistemas de cabeza de torres de destilación al vacío (H_2S , HCl, CO_2 , O_2) experimentan una reducción de su solubilidad en agua e hidrocarburos líquidos conforme se aumenta la tem-

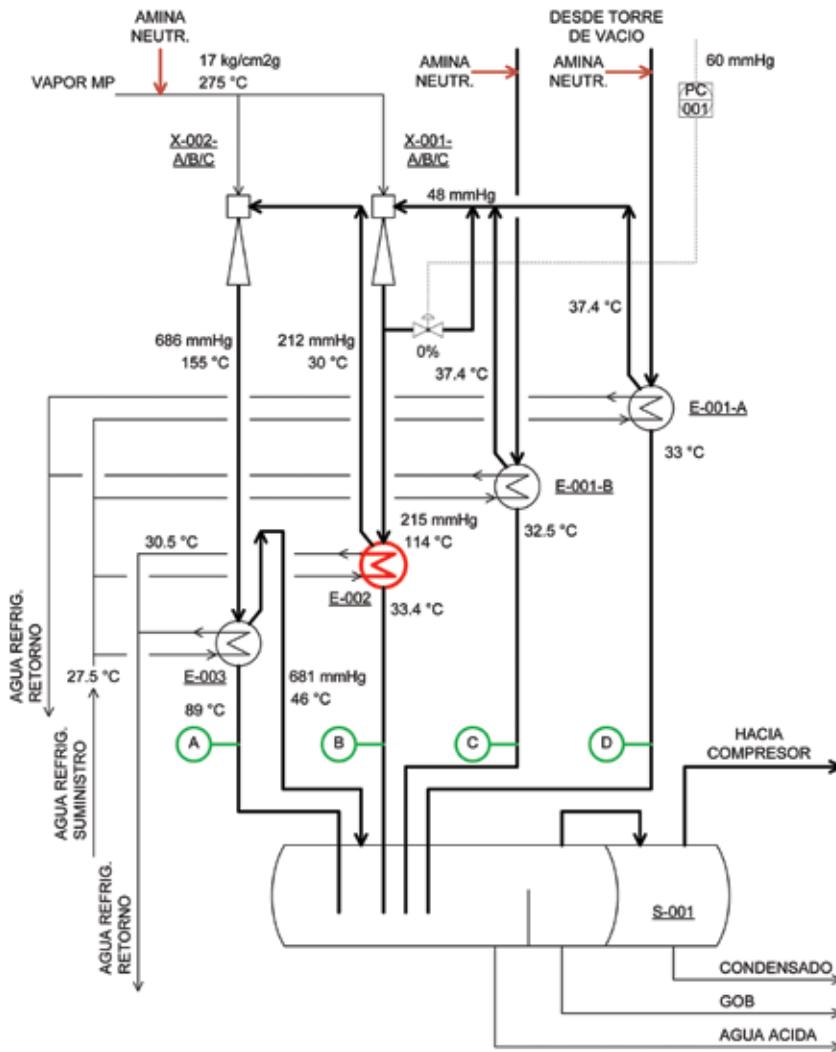


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de vacío.

peratura. Sin embargo, la velocidad de las reacciones de corrosión se incrementan cuando esto sucede, lo que lleva a que las tasas de corrosión observadas presenten un máximo alrededor de 60 °C - 80 °C (para sistemas acuosos abiertos) [1]. A raíz de esto, por la ubicación del condensador E-002 en el proceso, por efecto solo de la temperatura es previsible que la velocidad de corrosión sea mayor en este equipo que en los E-001-A y B, a la vez que se esperaba sea menor que en el E-003.

Por otro lado, el incremento de presión que tiene lugar en el sistema de eyectores resulta en un incremento paulatino de la solubilidad de los gases en el agua e hidrocarburos conforme se avanza en las etapas de compresión. En este caso, dada la ubicación del condensador E-002 en el tren de

eyectores, es esperable que la presión contribuya a la solubilidad de los gases

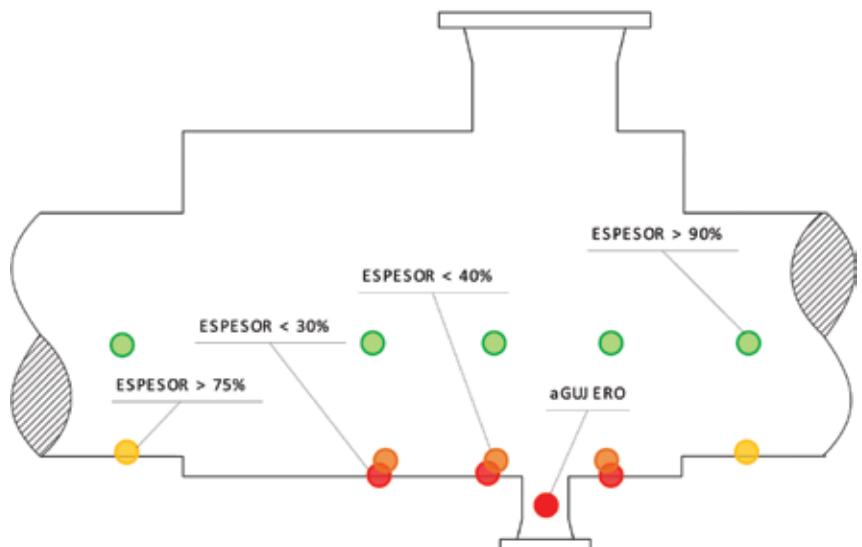


Figura 4. Mediciones de espesores realizadas sobre envoltorio del condensador E-002.

en el agua en mayor medida en este equipo que en los E-001-A y B, aunque en menor medida que en el E-003.

En síntesis, el condensador E-002 se ubica en una zona intermedia en cuanto a presión y temperatura, en donde ambas variables contribuyen a la aceleración de los procesos corrosivos.

Adicionalmente, suciedad y productos de degradación/corrosión tienden a acumularse en las cercanías de la salida de líquido, constituyendo un medio apropiado para la aparición de procesos corrosivos localizados.

Planteados los mecánicos de corrosión, a continuación se desarrollan las hipótesis de los mecanismos de falla.

La figura 5 presenta algunos detalles del equipo. La zona donde se encontraron los orificios es coincidente con la ubicación de los cordones de soldaduras para soporte del rompe vórtice a la tobera de salida. Las tensiones y la pérdida de homogeneidad del material generadas durante el proceso de soldadura lo vuelven más vulnerable al ataque ácido.

Por otro lado, depósitos producto de procesos de corrosión generalizados en el equipo o aguas arriba de este fueron acumulándose en las cercanías de la salida de líquido, constituyendo un medio conveniente para el desarrollo de procesos de corrosión bajo depósito. En la figura 5 se puede ver incluso que, a fin de satisfacer ciertos criterios de diseño, el ingreso de gases al mazo se realiza por una ventana perforada en la coraza, con una cubierta cilíndrica de mayor diámetro actuando como

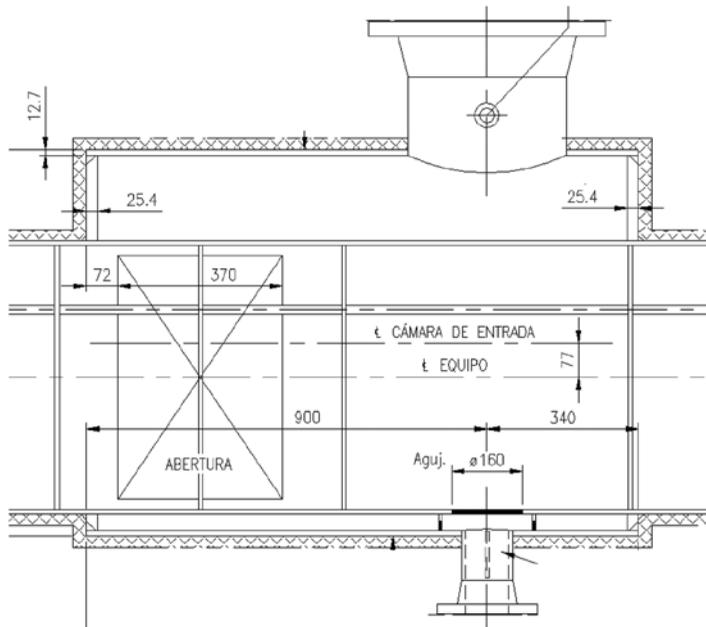
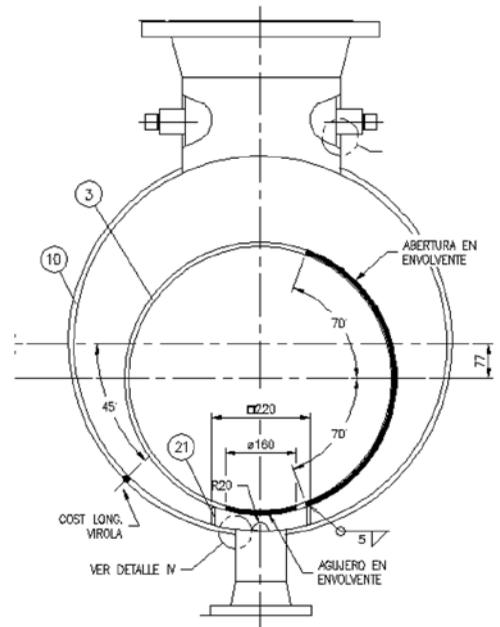


Figura 5. Detalles de la envoltura del condensador E-002.



contenedor. La figura 6 muestra posibles rutas para el fluido que ingresa al equipo por la conexión superior. La trayectoria indicada en rojo es la de-

seada, pero nótese que no existe impedimento para que el fluido avance por la trayectoria roja en trazo intermitente. La línea azul indica el camino espe-

rado para el drenaje de condensado al pie barométrico. Al quedar una zona "muerta" entre ambas envoltentes, en el diseño se contempló el drenaje de la zona a través de pequeñas perforaciones sobre la chapa que sirve para vincular la conexión de salida y la envoltente interior.

Con el tiempo, los depósitos acumulados taparon las perforaciones, dejando un nivel permanente de líquido corrosivo entre las envoltentes. Adicionalmente, el ingreso de aire producto de la falla en la conexión de salida de líquido probablemente proveyó una mayor cantidad de O_2 , acelerando de esta manera los procesos corrosivos en la zona inferior de la coraza externa.

Conclusiones

Una parte importante de todo análisis de problemas es el desarrollo de seguimientos que permitan detectar, en forma temprana, las causas que llevaron a la falla y los controles adecuados para minimizar la ocurrencia de esas causas. A continuación se listan las acciones y las recomendaciones tomadas en este caso:

1. Reparaciones provisionales y reparaciones programadas. Luego de descubiertas las pinchaduras en el equipo, se realizaron reparaciones provisionales en las zonas afectadas

Figura 6. Posibles trayectorias del fluido en el ingreso al condensador E-002.

mediante el uso de vendajes. Tras la inspección del resto del equipo y la detección de espesores reducidos en la envolvente se procedió a colocar un refuerzo de chapa sobre la zona inferior. Adicionalmente, se programó la reparación integral del equipo para el próximo paro programado de la unidad.

2. Ampliar monitoreo con cupones. Como se mencionó, tanto los datos de laboratorio como las velocidades de corrosión por cupones no dieron indicios de anomalías que permitieran adelantarse al problema. No se tuvo en cuenta que las velocidades de los fenómenos corrosivos varían considerablemente de una etapa a otra, por lo que los datos disponibles no eran aplicables al equipo en cuestión. Se relevaron las cuponearas existentes, se realizaron tareas de mantenimiento y se pusieron en servicio, instalando en algunas cupones soldados para monitorear también su evolución.
3. Ajustar dosis de amina neutralizante a condensador E-002. Aunque el pH del condensado muestreado en el pie barométrico del equipo no sufrió mayores desviaciones respecto del rango objetivo de trabajo (6,5 – 7,3), se revisaron las instalaciones existentes para evaluar la factibilidad de segregar la dosificación de neutralizantes, lo cual no fue posible en el corto plazo. Se dejó asentado como una oportunidad de mejora a evaluar a través del proceso de Gestión del Cambio (MOC).

4. Optimizar operación de desalado en unidad de destilación atmosférica. Obviamente, toda mejora

en la remoción de sales en las unidades aguas arriba resultará en un menor flujo de contaminantes

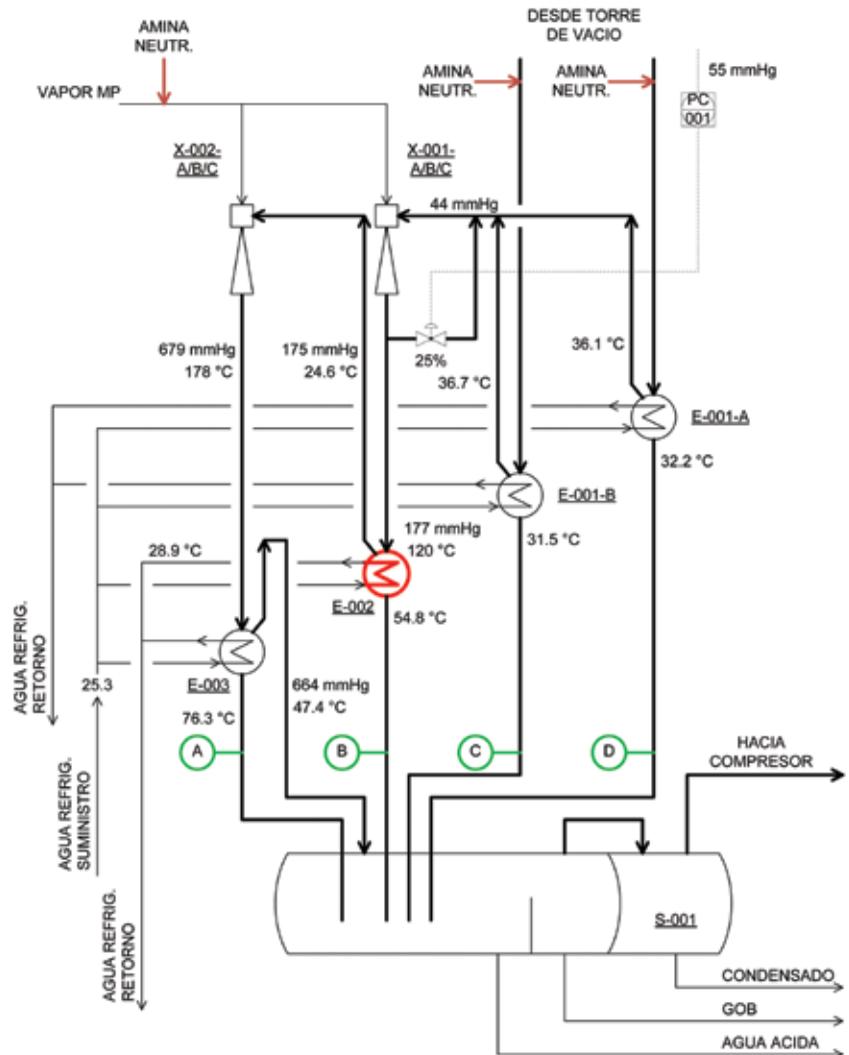


Figura 7. Condiciones operativas luego de estabilizada la unidad.

a los sistemas de cabeza de las torres de destilación atmosférica y al vacío. Mediante ajustes en planta (incremento del porcentaje de agua de lavado, optimización de mezclado, ajustes de frecuencia de barrido de lodos, ajustes de químicos y revisión de nivel de interfase, entre otros) se logró pasar de valores en el rango de 9-10 mg/kg de sales en el crudo desalado a un rango de 5-7 mg/kg.

5. Mejorar los análisis de causa raíz. Al revisar el historial de reparaciones del condensador E-002 se halló que durante el paro programado se había encontrado con un estado de corrosión avanzado tanto en la coraza como en los internos, que se reemplazó íntegramente. Es fundamental, una adecuada gestión del conocimiento y la información asociada a la integridad de los equipos.

Por último, ¿se podría haber detectado antes el ingreso de aire? Si bien esto no ataca la causa del problema, es muy importante detectar en forma temprana cualquier evento de pérdida de contención. Por ejemplo, si la pinchadura se produce en alguna zona caliente (horno, línea de transferencia, torre), el ingreso de aire podría sobrecargar el sistema de eyectores, resultando en un incremento de la presión tal que el sistema dejaría de

trabajar en vacío y el producto a altas temperaturas sería derramado al exterior. Aprovechando la instrumentación de la que dispone el sistema de control distribuido de la planta, se muestran a continuación algunas variables de proceso luego de restituir condiciones estables en la unidad:

En este caso, el cambio más notorio, más allá de las presiones en cada etapa, es la temperatura del condensado que drena del E-002. Si se compara con la figura 3, puede verse que esta temperatura se incrementó en unos 30 °C. El ingreso de aire (y su expansión a presiones sub-atmosféricas) provoca un enfriamiento considerable en las cercanías de la fuga, a la vez que altera la capacidad de condensación del equipo una vez dentro, lo que tiende a aumentar la temperatura de los gases. Hecha la reparación, el condensado dejó de ser enfriado por el aire ingresante y volvió a valores normales de temperatura, mientras que un mayor grado de condensación tuvo lugar en el mazo y el gas sufrió un enfriamiento mayor. De esta manera, monitorear las tendencias y comparar las temperaturas de salida de gases y líquido en cada condensador puede dar un indicio de aparición de posibles pinchaduras. Finalmente, la estimación de la presión parcial del agua a la temperatura de salida de gases de cada condensador (y su contraste con la presión total medida) puede orien-

tar en el origen de algunos problemas con los eyectores, como exceso de gas craqueado, ingreso de aire, falta de condensación². ■

Bibliografía

1. Groysman, *Corrosion Problems and Solutions in Oil Refining and Petrochemical Industry*, Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality, Vol. 32, Springer (2017).
2. Lieberman N. P., *Troubleshooting Vacuum Systems*; Wiley (2012).
3. Revie R. W. y H. H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control*, Wiley (2008).

Ricardo Julián Filace es Ingeniero Químico por la Universidad Nacional de La Plata. Actualmente se desempeña en el cargo de Ingeniero de procesos en unidades de destilación atmosférica, destilación al vacío, desasfaltado con propano y energía.

Alejandra Hidalgo es Ingeniera Química por la Universidad Nacional de La Plata. Actualmente se desempeña en el cargo de Ingeniera de procesos en unidades de destilación atmosférica y destilación al vacío, en YPF S.A., Complejo Industrial La Plata.

Alexander Mikhail Bischoff es Ingeniero Mecánico por la Universidad Tecnológica Nacional, FRLP. Actualmente se desempeña en el cargo de Analista de corrosión en YPF S.A., Complejo Industrial La Plata.