

ESTIMACIÓN DE CALIDAD EN CORTES LATERALES DE UNA UNIDAD DE DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA Y SU METODOLOGÍA DE SEGUIMIENTO

María Emilia Alonso, YPF S.A., maria.alonso@ypf.com
Ana Paula Decurgez, YPF S.A., anapaula.decurgez@ypf.com
Carlos Escalada, YPF S.A., carlos.escalada@ypf.com

Sinopsis

Debido al cambio en la calidad del crudo que procesa el Complejo Industrial La Plata (CILP) por la incorporación de hidrocarburos no convencionales (Shale Oil), se produjo un impacto considerable en la operación de las unidades de proceso de la refinería. Como consecuencia de estas modificaciones, en el año 2015 el Controlador Multivariable (DMC) de la unidad de Topping D y sus inferencias quedaron fuera de servicio.

Luego de estabilizada la composición del crudo y a raíz del alto interés de Operaciones en disponer de indicaciones de calidad de sus cortes laterales, se plantea la posibilidad de adecuar al escenario actual los modelos de las inferencias, que resultan necesarias para la reconexión del DMC.

Las inferencias son cálculos que proporcionan valores instantáneos de diferentes propiedades a partir de la medición de otras variables de proceso. Esto permite tener conocimiento de la calidad de una determinada corriente en forma continua y sin demora, posibilitando al operador o a una aplicación de control tomar acciones de manera anticipada.

En este trabajo se presentarán los resultados de las nuevas inferencias de calidad y las ventajas de operar la unidad de Topping D con un controlador multivariable.

Además, se presentarán las técnicas de seguimiento implementadas a través de una aplicación informática que permite el ajuste automático de las mismas.

Introducción

La unidad de Topping D consiste en una destilación fraccionada a presión atmosférica. Es un proceso físico de separación que se basa en la diferencia de volatilidades existente entre los componentes del crudo, sin ruptura molecular. En la figura 1 se muestra un diagrama simplificado:

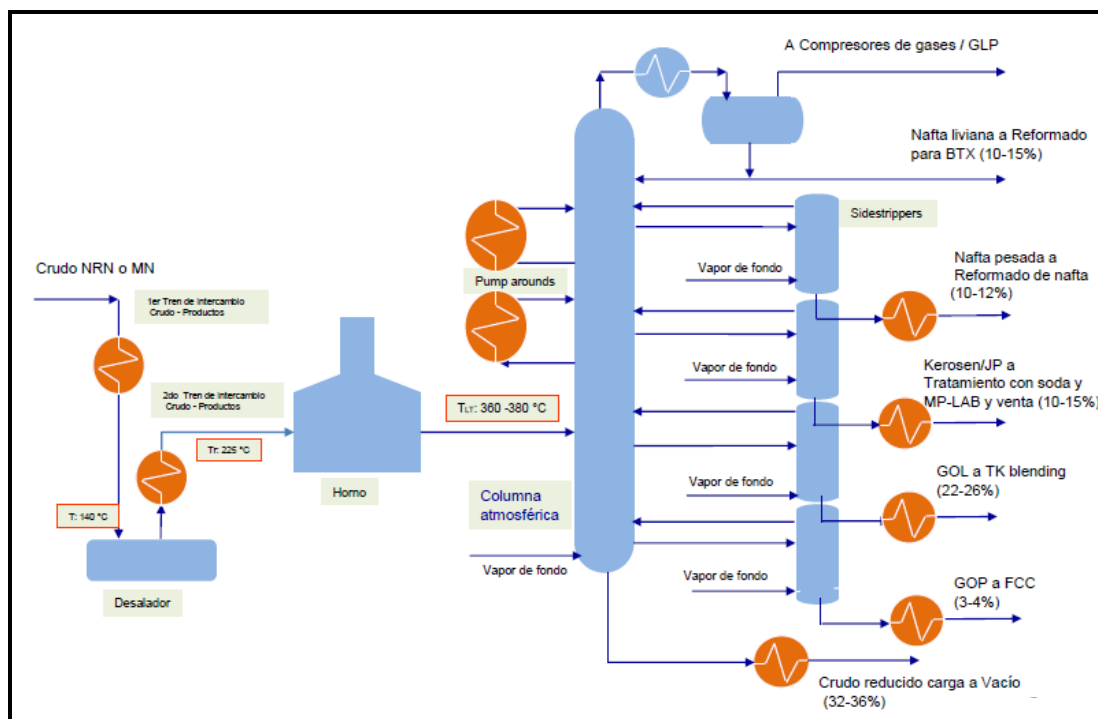


Figura 1- Diagrama simplificado de una unidad de destilación fraccionada a presión atmosférica

La unidad recibe el crudo directamente desde tanque, el cual es precalentado con productos terminados y reflujos circulantes. Posteriormente, se eliminan los sólidos en suspensión e impurezas disueltas en el desalador y luego se dirige al horno, donde alcanza la temperatura de transferencia necesaria para ingresar parcialmente vaporizado a la zona flash de la columna, siendo la misma de alrededor de 370°C. Allí, los hidrocarburos vaporizados ascienden por la columna fraccionadora a través de los platos, que producen el contacto líquido-vapor, generándose la transferencia de materia y energía necesaria para fraccionar los diferentes cortes.

Por la parte superior de la columna salen los gases a los condensadores, de donde luego se obtiene gas residual, LPG, y nafta liviana. Parte de la nafta liviana se emplea como reflujo de cabeza.

Por otro lado, se obtienen los cortes laterales, que consisten en nafta pesada, kerosene, gas oil liviano y gas oil pesado, mientras que el producto de fondo es el residuo que no vaporizó en el horno.

Las variables más importantes que determinan la operación de la torre y calidad de los productos son: presión, temperatura de zona flash, caudal de extracción de productos, relación de reflujo y vapor de stripping.

Como se mencionó anteriormente, el cambio en la calidad del crudo que procesa el complejo impactó considerablemente en esta unidad generando como consecuencia que las inferencias dejaran de ser representativas de la calidad de los cortes, y por lo tanto también que el controlador multivariable quedara fuera de servicio.

Luego de estabilizada la composición del crudo, se plantea la posibilidad de adecuar al escenario actual los modelos de las inferencias, que además resultan necesarias para la reconexión del DMC.

Desarrollo

Toda inferencia o cálculo inferencial se desarrolla a partir de datos experimentales de variables del proceso, como temperatura, presión, caudales y datos de laboratorio o analizador en línea de la propiedad a inferir. La calidad del resultado de una inferencia dependerá directamente de la disponibilidad y correcto funcionamiento de la instrumentación.

Existen varias técnicas inferenciales de las cuales sólo dos son las comúnmente utilizadas en refinerías: correlación estadística y modelado por primeros principios.

El método estadístico consiste en encontrar una relación lineal entre variables del proceso y la propiedad a inferir. Requiere que las variables que son entrada del modelo sean independientes entre sí y la calidad de los resultados estará sujeta a la cantidad de datos utilizados.

Una limitación de este método empírico es la mala predicción cuando la operación del proceso es diferente de aquella con la que ha sido calibrado el modelo, es decir que los resultados no son extrapolables fuera del rango de calibración.

El desarrollo de modelos inferenciales utilizando esta metodología resulta sencillo, y no requiere un gran entendimiento del proceso.

Por otro lado, el modelado por primeros principios requiere un amplio conocimiento del proceso y consiste principalmente en la resolución de balances de materia y energía.

La desventaja de este tipo de método es que necesita contar con una elevada instrumentación y conocimiento de propiedades termodinámicas (densidades, calores específicos de líquido y vapor, entalpías de vaporización) para caracterizar todas las extracciones.

La calidad en las predicciones suele ser superior en comparación con los métodos empíricos y, a diferencia de éstos últimos, los resultados se pueden extrapolar fuera del rango de calibración.

Con el objetivo de reconstruir las inferencias que permitan determinar la calidad de los cortes laterales de la unidad de Topping, se utilizó un método híbrido. Este método consistió en el cálculo del balance de materia y energía a lo largo de la columna para obtener presiones parciales que luego se emplean para estimar las calidades de los productos por regresión lineal.

La metodología mencionada implicó, en primer lugar, una parametrización de la columna realizada con datos obtenidos de Test Run para obtener las composiciones, temperaturas, presiones y caudales de las corrientes de entrada y salida de la misma. A partir de allí, se resolvieron los balances que dieron como resultado las estimaciones de las corrientes de líquido y vapor que entran en contacto en cada plato. Posteriormente, se compararon con datos de simulación para corroborar su validez, y así obtener finalmente las temperaturas compensadas por presión parcial que, a través de una regresión lineal, se emplean para estimar las calidades de los productos.

Una vez evaluado el buen desempeño, se realizó el comisionado del DMC adecuándolo a la situación operativa y objetivos actuales, que llevaron al reajuste de límites, modelos y sintonía del controlador.

Al tratarse de representaciones matemáticas, existen ciertos errores en los cálculos inferenciales, incluso en los mejores modelos, que eventualmente generan que los resultados obtenidos no reflejen fielmente la realidad de lo que ocurre en el proceso. Es por ello que las inferencias se suelen expresar como la suma de una función, que depende de ciertas variables de procesos (modelo de la inferencia), y un término independiente o bias.

Para mantener las inferencias actualizadas, se las compara frente a datos de laboratorio o analizador en línea. El ajuste del bias se realiza en forma automática a través del uso de una herramienta informática, que el ingeniero de control configura y administra. Todas estas decisiones en la configuración de la herramienta se toman además en base al conocimiento que se tenga del proceso.

En el caso de utilizar datos de laboratorio, el resultado de cada nueva muestra debe pasar una serie de validaciones que incluyen límites mínimos y máximos, porcentaje de estado estacionario, límites de deltas del valor de laboratorio mínimos y máximos (rate of change – ROC) y datos espurios (outliers). Luego se calcula el nuevo bias y se lo aplica al valor de la inferencia.

Por la gran magnitud de variables involucradas en los cálculos, se pudo aprovechar otra funcionalidad de esta herramienta. Consiste en la visualización de todas las variables de entrada en forma de lista, donde rápidamente pueden identificarse problemas en la instrumentación. Asimismo, se cuenta con una lógica que permite utilizar la predicción de la inferencia en el caso de que se detecten fallas o pérdidas de conexión.

A continuación, en las figuras 2 y 3, se muestran los resultados obtenidos durante el período de calibración de los modelos inferenciales:

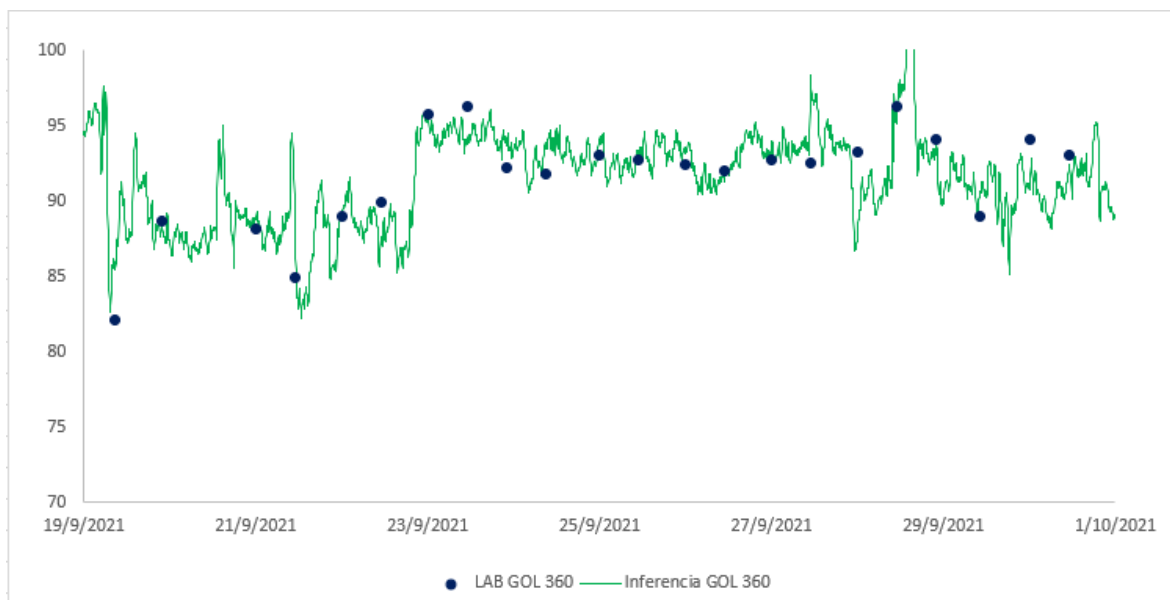


Figura 2 - Comparación entre el modelo inferencial (curva verde) y datos de laboratorio (círculos azules) para el GOL 360.

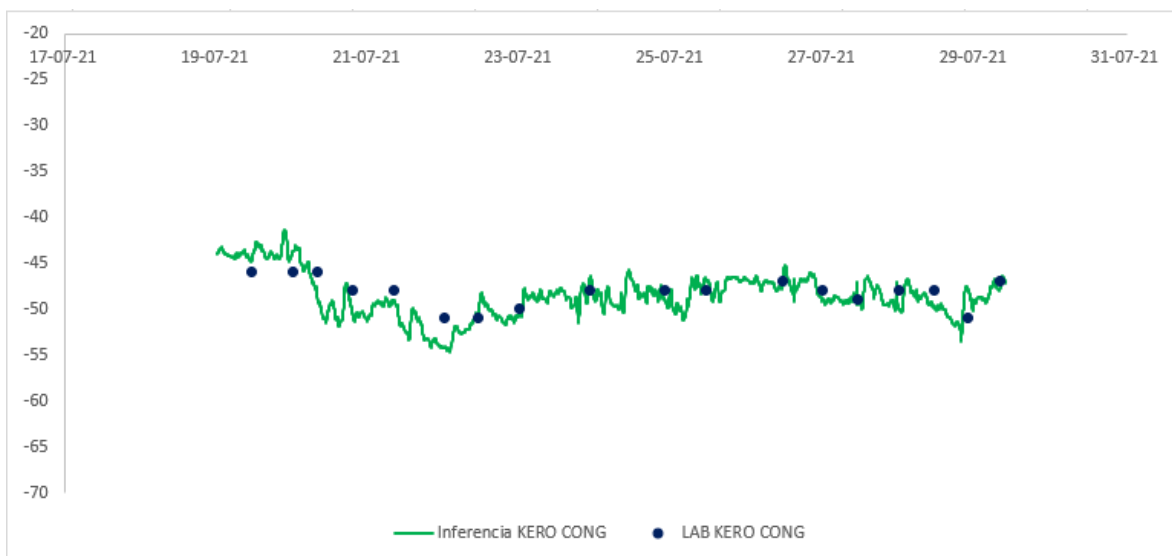


Figura 3 - Comparación entre el modelo inferencial (curva verde) y datos de laboratorio (círculos azules) para el punto de congelamiento del Kerosene.

Por otra parte, la figuras 4 y 5 muestran cómo se logró estabilizar la calidad del % destilado a 360°C del GOL (para lo cual el DMC utiliza el caudal de extracción de gasoil) y la del punto de congelamiento del kerosene (para lo cual el DMC utiliza el caudal de extracción de kerosene) luego del comisionado del controlador multivariable.

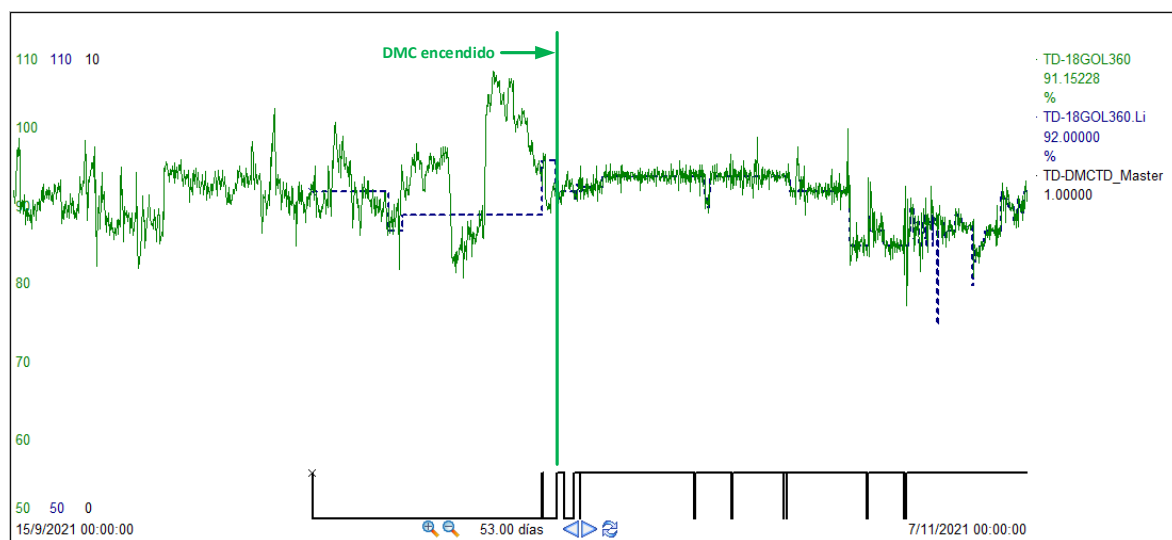


Figura 4. Tendencia de la calidad del GOL 360 antes y después del comisionado del controlador multivariable.

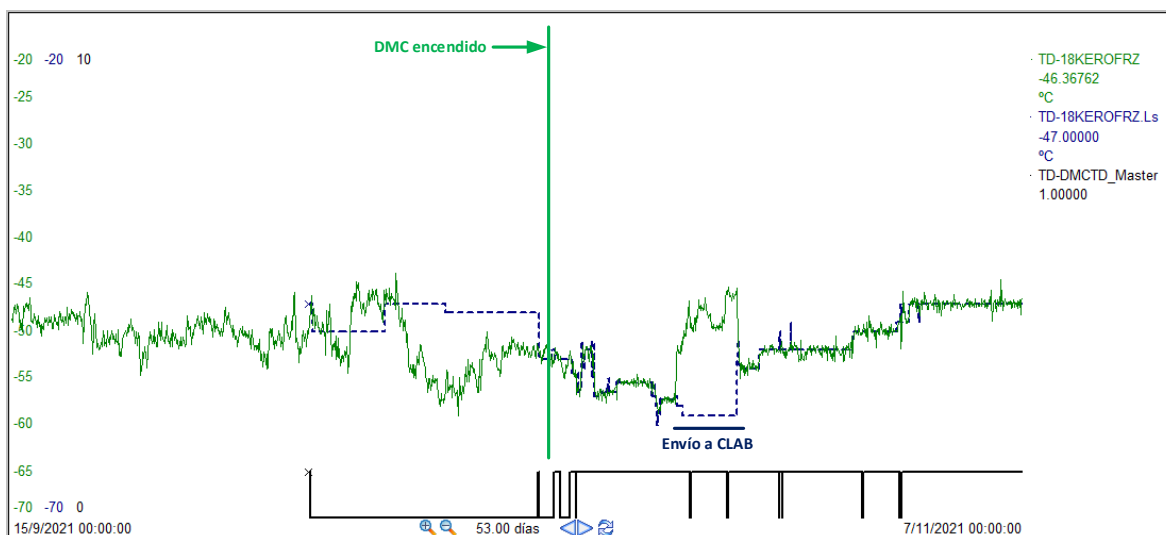


Figura 5. Tendencia de la calidad del punto de congelamiento del kerosene antes y después del comisionado del controlador multivariable.

Conclusiones

En primer lugar, se observa cómo la reconstrucción de inferencias otorgó la oportunidad de tener un seguimiento de las calidades en tiempo real para las condiciones operativas y el crudo procesado actuales. Esto permite un mayor control de las calidades mencionadas, que le permiten al operador y/o DMC ajustar las variables del proceso en base a los requerimientos.

Por otro lado, queda en evidencia cómo a partir del comisionado del DMC se logra una mayor estabilidad en estas calidades alrededor del objetivo deseado, otorgando una mayor robustez y optimización de la unidad.

Por último, cabe destacar que en las unidades de destilación atmosférica, al tratarse de separaciones físicas, las características del crudo juegan un rol muy importante en la calidad del fraccionamiento, punto clave en este tipo de procesos. Por ende, es de gran importancia contar con una actualización automática del bias para contrarrestar los efectos de los cambios de composición en la carga que, si bien no son actualmente constantes, pueden desviar los resultados de los modelos inferenciales.

AutoresMaría Emilia Alonso

Ingeniera Química - Universidad Nacional del Sur.

Coordinadora de MPC e inferencias, Complejo Industrial La Plata, YPF SA.

Trayectoria:

Coordinadora de MPC e inferencias, Gerencia de Servicios Técnicos, CILP YPF SA. Octubre 2020 - Actualidad.

Ingeniera de MPC e inferencias, Gerencia de Servicios Técnicos, CILP YPF SA. Enero 2012 – Octubre 2020.

Ingeniera de Procesos, Centro de Tecnología (CTA), La Plata YPF SA. Octubre 2007- Enero 2011.

Práctica Profesional Rentada, The Dow Chemical Company, Bahía Blanca. Año 2005 – Año 2006.

Ana Paula Decurgez

Ingeniera Química - Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Ingeniera de MPC e inferencias, Complejo Industrial La Plata, YPF SA.

Trayectoria:

Ingeniera de MPC e inferencias, Gerencia de Servicios Técnicos, Complejo Industrial La Plata, YPF SA. Julio 2018 - Actualidad

Ingeniera de Control, Gerencia de Servicios Técnicos, Complejo Industrial La Plata, YPF SA. Noviembre 2016 – Julio 2018

Nuevo Profesional en áreas de Producción e Ingeniería de Procesos, Complejo Industrial La Plata, YPF SA. Septiembre 2014 – Noviembre 2016

Carlos Escalada

Ingeniero Químico - Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Ingeniero de MPC e inferencias, Complejo Industrial La Plata, YPF SA.

Ayudante diplomado de la cátedra *Tecnología del Calor*, Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Trayectoria:

Ingeniero de MPC e inferencias, Gerencia de Servicios Técnicos, Complejo Industrial La Plata, YPF SA. Octubre 2019 – Actualidad

Práctica Profesional Rentada, Optimización y Control, Gerencia de Servicios Técnicos, Complejo Industrial La Plata, YPF SA. Enero 2019 – Octubre 2019